

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

---

**Textilní fakulta**

**Katedra oděvní výroby**

**Studijní program:** N3106 Textilní inženýrství

**Studijní obor:** Textilní a oděvní technologie

**Číslo studenta:** KOD/2011/06/14/MS

**Diplomová práce**

**Stálost ochranných vlastností textilií proti UV slunečnímu záření**

**Stability of protective characteristics of textiles against the UV sun radiation**

**Autor:** Bc. Hana Stehlíková

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Martina Viková Ph.D.

**Konzultant diplomové práce:** doc. Ing. Michal Vik Ph.D.

**Školní rok:** 2010/2011

**Rozsah práce a příloh:**

**Počet stran:** 80

**Počet obrázků:** 53

**Počet tabulek:** 14

**Počet příloh:** 3

Liberec 2011

# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

Školní rok: **2009/10**

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

pro

**Stehlíkovou Hanu**

obor:

**3106 T 002 Oděvní technologie**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách určuje toto zadání diplomové práce:

Název tématu:

**Stálost ochranných vlastností textilií proti UV slunečnímu záření**

**Stability of protective characteristics of textiles against the UV sun radiation**

### **Zásady pro vypracování**

1. Zpracujte literární studii současného stavu problematiky zejména pak problematiky UPF.
2. Proveďte analýzu vazebního provázání textilií s vynikajícím, středním a nízkým UPF.
3. Porovnejte vzájemný vztah mezi světelnou propustností v UV a VIS oblasti.
4. Porovnejte trvanlivost UPF ochrany vybraných textilií pomocí základních stálostních testů.
5. Vypracujte a doporučte studii dalšího postupu

## **Žádost o prodloužení termínu odevzdání**

## **P r o h l á š e n í**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

*Chtěla bych poděkovat všem, kteří mě při psaní této práce inspirovali a povzbuzovali. V první řadě patří mé děkuji vedoucí diplomové práce paní Ing. Martině Vikové Ph.D. a konzultantovi diplomové práce panu doc. Ing. Michalu Vikovi Ph.D. za odborné vedení a pomoc při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat firmám LITEX a Maryan Beachwear Group CZ, s.r.o. za poskytnutí materiálu pro výzkum. V poslední řadě děkuji své rodině za podporu a trpělivost.*

## ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá studií stálosti ochranných vlastností textilií proti UV slunečnímu záření. Práce je rozdělena na dvě hlavní části, teoretickou a experimentální.

V teoretické části diplomové práce je popsána problematika ultrafialového záření a jeho vliv na lidskou pokožku. V další části je vysvětlen pojem ultrafialový ochranný faktor (UPF), který popisuje stupeň ochrany pokožky příslušným ochranným oděvem a definuje tak stupeň ochrany příslušného oděvu proti slunečnímu záření. Poslední kapitola teoretické části je věnována barevnému prostoru CIE  $L^* a^* b^*$ .

V experimentální části je zkoumán vliv totální transmise UV záření na vlnové délce a použití měřících přístrojů. Další část je věnována vlivu UPF na plošném zakrytí zkoumaných vzorků. Část práce je zaměřena také na výzkum světlostálosti zkoumaných vzorků.

## KLÍČOVÁ SLOVA

ultrafialové záření, ultrafialová ochranný faktor, barevný prostor CIE  $L^* a^* b^*$ , transmise

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on studying the stability of protective properties of fabrics against the UV sun rays. The work is divided into two main parts: theoretical and experimental.

The theoretical part describes the problems of ultraviolet radiation and its effect on human skin. The next section explains the concept of an ultraviolet protection factor (UPF), which describes the degree of protection of the skin by the appropriate clothing and defines the degree of protection of the particular clothing against the sun rays. The last chapter is devoted to the color space CIE  $L^*a^*b^*$ .

The effect of total transmission of UV radiation regarding the wavelength and the use of measuring instruments is investigated in the experimental part. Another section is devoted to the influence of UPF on the overall cover of the surveyed samples. One part of this work is also focused on the research on light-fastness of the surveyed samples.

## **KEY WORDS**

ultraviolet radiation, ultraviolet protection factor, the color space CIE  $L^* a^* b^*$ , transmission

# **OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>A) TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>13</b>
<b>1 ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ.....</b>	<b>13</b>
1.1 Sluneční záření .....	14
1.1.1 Ultrafialové záření .....	14
1.2 Viditelné záření .....	15
1.3 Infračervené záření.....	16
<b>2 VLIV UV ZÁŘENÍ NA LIDSKOU POKOŽKU .....</b>	<b>17</b>
2.1 Fotoprotekce (ochrana proti záření) .....	20
2.2 Intenzita slunečního záření.....	21
2.3 Prostup světla látkou .....	22
<b>3 UPF – ULTRAVIOLET PROTECTION FACTOR .....</b>	<b>25</b>
<b>4 CIE - BAREVNÝ PROSTOR.....</b>	<b>27</b>
4.1 RGB systém .....	27
4.2 Barevná škála CIE $L^*a^*b^*$ .....	28
<b>5 OBRAZOVÁ ANALÝZA.....</b>	<b>31</b>
5.1 Princip obrazové analýzy .....	31
<b>B) EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....</b>	<b>33</b>
<b>6 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ .....</b>	<b>33</b>
<b>7 MĚŘENÍ TRANSMISE .....</b>	<b>39</b>
7.1 Použitá metoda kalibrace .....	39
7.2 Měření primární (regulární) transmise .....	41
7.3 Měření totální transmise.....	42
7.3.1 Zkušební přístroj Shimadzu UV-3101PC .....	42
7.3.2 Složení zkušebního přístroje .....	43
7.3.3 Popis metodiky měření totální transmise.....	43



7.4	Popis zařízení UVCON, Atlas UC-327-2 .....	44
<b>8</b>	<b>MĚŘENÍ NEZAPLNĚNÉ PLOCHY POMOCÍ OBRAZOVÉ ANALÝZY NIS ELEMENTS.....</b>	<b>51</b>
8.1	Základní postup zpracování a rozpoznání obrazu .....	51
<b>9</b>	<b>VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....</b>	<b>54</b>
9.1	Závislost UPF na nezaplňené ploše.....	54
9.1.1	Závislost UPF na nezaplňené ploše při rozdílném prahování.....	54
9.1.2	Závislost UPF na nezaplňené ploše při stejném prahování .....	56
9.2	Závislost primární transmise na nezaplňené ploše.....	58
9.2.1	Závislost primární transmise na nezaplňené ploše při rozdílném prahování .....	59
9.2.2	Závislost primární transmise na nezaplňené ploše při stejném prahování	61
9.2.3	Závislost primární transmise na nezaplňené ploše při stejném prahování u vybraných vzorků pastelových barev .....	63
9.3	Diskuse .....	64
9.4	Světlostálost .....	66
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>72</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>74</b>
	<b>INTERNETOVÉ ZDROJE.....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>80</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

$a^*, b^*$	Souřadnice chromatické roviny barvového prostoru CIE $L^*a^*b^*$
<b>CIE</b>	(Commission Internationale de l'Eclairage) Mezinárodní organizace pro osvětlení
<b>IR</b>	infračervené záření
$L^*$	měrná světlost
<b>OZP</b>	optické zjasňovací prostředky
<b>PAD</b>	polyamid
<b>SPF</b>	slunečný ochranný faktor
<b>UPF</b>	ultrafialový ochranný faktor
<b>UV</b>	ultrafialové záření
$\Delta E^*$	barevná odchylka

## ÚVOD

V současné době je stále častěji aktuální otázka ochrany neustále se zhoršujícího stavu životního prostředí, ve všech aspektech, kterých se tato problematika dotýká. Kromě jiného je velice důležitá situace týkající se stavu ozónové díry a s ní spojený výskyt neustále se zvyšujícího UV záření, které je škodlivé nejenom tím, že přispívá ke globálnímu oteplování, ale také prokazatelně způsobuje zvýšené riziko výskytu rakoviny kůže.

Světová meteorologická organizace (WMO) zaznamenala, že koncem března roku 2011 byl rekordní úbytek ozonové vrstvy nad Arktidou. Ozonová vrstva chrání planetu Zemi před škodlivými vlivy ultrafialového záření. Měření pomocí satelitů a meteorologických balonů vypouštěných nad arktickými oblastmi a rovněž pozemská pozorování ukázala, že vrstva ozonu nad severní polárnou poklesla od začátku zimy do konce března o čtyřicet procent. Doposud nejvyšší zaznamenaný úbytek ozonu za zimu přitom činil asi třicet procent. Rozpad vrstvy zapříčinily látky v atmosféře, které odstraňují ozon, a také velmi chladná zima ve stratosféře. V praxi to znamená, že například v České republice bylo ve sledovaném období množství UV záření cca o sedmnáct procent vyšší než v dlouhodobém průměru. Rekordní úbytek zaznamenali odborníci navzdory tomu, že existuje mezinárodní dohoda, která omezuje výrobu a spotřebu chemikálií ničících ozon. Kvůli dlouhé životnosti těchto látek v atmosféře bude trvat několik desítek let, než jejich koncentrace klesne na úroveň před rokem 1980. [23]

Problematikou negativního jevu vzniku a zvětšování ozónové díry se kromě organizací pro ochranu životního prostředí, lékařských institucí a široké škály výrobního průmyslu, začalo zabývat i oděvnictví. V dnešní době již návrh a výroba oděvů nepodléhá pouze módním trendům, funkcionalitě a ochraně proti povětrnostním podmínkám nebo tepelné izolaci. Situace spojená s problémem nebezpečného UV záření si vyžaduje, aby výrobci a designéři oděvního průmyslu zašli dál a dokázali vytvořit materiály, které poskytnou zvýšenou ochranu proti této relativně novodobé hrozbě.

Cílem diplomové práce je seznámení se s aspekty této problematiky, zdokumentování technického měření tohoto jevu a následná aplikace měření pro praktické využití. Experiment je konkrétně zaměřený na plavkové materiály.

Používání těchto materiálů je odlišné podle místa použití, právě z důvodu geografické lokálnosti výskytu ozónové díry, a také podle druhu oděvu, který je z těchto materiálů vyráběn. Konkrétně u plavek je kladen jiný důraz na vysokou UPF ochranu na kontinentu jižní polokoule, kde je důležité, aby tato ochrana byla co nejvyšší a jiný např. v České republice, kde sluneční záření nevyzařuje tak vysoké množství UV záření. Nošení ochranných oděvů proti slunečnímu záření ovšem neposkytne 100% ochranu. Je důležité ještě používat kosmetické výrobky s ochranným faktorem. Abychom odlišili textilie s ochranným faktorem od kosmetických přípravků, které se označují tzv. SPF (Sun Protective Factor) byl zaveden název pro Ultrafialový ochranný faktor UPF (Ultraviolet Protective Factor). Tyto hodnoty můžeme určovat podle dvou základních metod. První z nich je metoda in vivo, která je založená na stanovení minimální erytemální<sup>1</sup> dávky testovaného subjektu s textilií a bez textilie. Touto metodou se vyhodnocuje SPF. Druhou je metoda in vitro, založená na spektrofotometrickém stanovení transmise UV záření přes textil. Touto metodou se hodnotí UPF, které je klíčové pro zpracování této diplomové práce.

---

<sup>1</sup> Zarudnutí pokožky způsobené různými fyzikálními nebo chemickými vlivy.

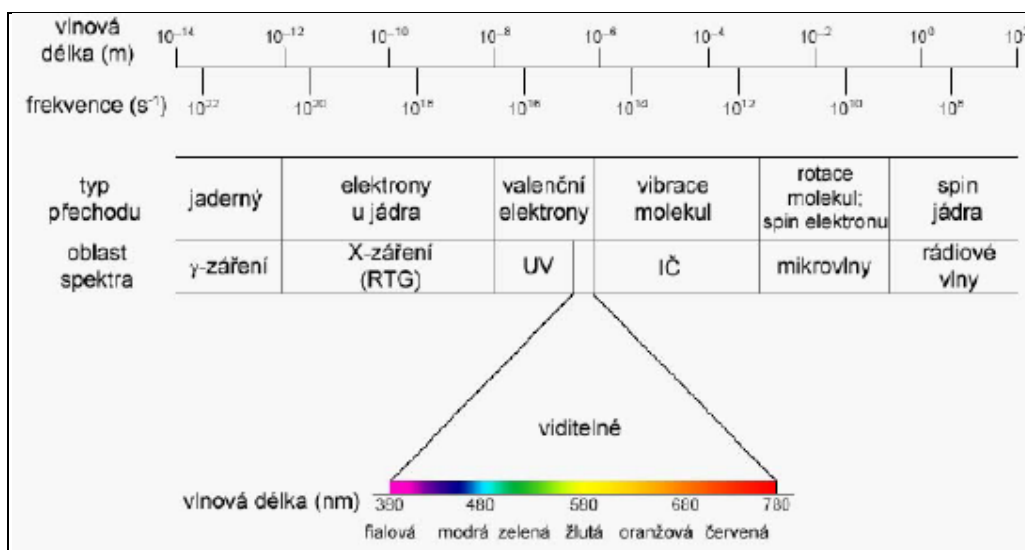
## A) TEORETICKÁ ČÁST

### 1 ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

Elektromagnetické záření nazývané také jako elektromagnetické vlnění je charakterizováno vlnovou délkou, která určuje jeho fyzikální vlastnosti. Podle vlnové délky (respektive frekvence) elektromagnetického vlnění lze rozlišit několik druhů elektromagnetického záření, které je možno vidět na obr. č. 1. Hranice mezi jednotlivými druhy elektromagnetického záření není ostrá, přechody jsou plynulé nebo se oblasti jednotlivých druhů záření i překrývají. [20]

Rozdělení elektromagnetického záření:

- Gama záření  $\lambda \leq 10^{-12} m$
- Rentgenové záření  $\lambda = (10^{-12}; 10^{-9}) m$
- Ultrafialové záření  $\lambda = (10^{-9}; 10^{-7}) m$
- Viditelné záření (světlo)  $\lambda = (10^{-7}; 10^{-6}) m$
- Infračervené záření  $\lambda = (10^{-6}; 10^{-4}) m$
- Mikrovlny  $\lambda = (10^{-4}; 10^{-1}) m$
- Radiové záření  $\lambda \geq 10^{-1} m$  [20]



Obr. 1 Oblasti spektra elektromagnetického záření [17]

Pro potřeby diplomové práce se nyní budeme podrobněji zabývat pouze slunečním zářením.

## **1.1 Sluneční záření**

Sluneční světlo je hlavním zdrojem energie a důležitým prvkem pro přežití lidské rasy. Je to elektromagnetické záření o různých vlnových délkách. Dělí se na tři hlavní části:

- Ultrafialové záření (100 – 400 nm)
- Viditelné záření (400 – 700 nm)
- Infračervené záření (700 – 5000 nm)

### **1.1.1 Ultrafialové záření**

Ultrafialové záření je část elektromagnetického záření emitovaného sluncem v rozsahu vlnových délek kratších než viditelné světlo a to od 100 nm do 400 nm. Na základě rozdílných biologických účinků jej můžeme rozdělit do tří skupin:

- **UVC záření** (100 – 280 nm)
- **UVB záření** (280 – 315 nm)
- **UVA záření** (315 – 400 nm) [4]

UV záření je součástí slunečního záření. Z celkového množství slunečních paprsků emitovaných sluncem se zhruba 34 % odrazí v atmosféře a 19 % pohltí, takže na zemi dopadá pouze kolem 47 %. S ohledem na podíl celkové energie slunečního záření dopadajícího na zem je UV záření zastoupeno pouze 6,1 % (z toho 0,5 % pro UV typu B a 5,6 % pro UV typu A). Obecně závisí množství UV záření na ročním období (největší podíl je v letních měsících). Poměrně účinně chrání proti UV záření ozónová vrstva. Její zvýšení o 1 % vede ke snížení množství UV záření dopadajícího na zemi o 2 %. [4]

#### **➤ UVA záření**

S ohledem na fyziologické účinky je toto záření nejméně nebezpečné, proniká skleněnými okny, mlhou i mraky. Proniká poměrně hluboko do lidské kůže. Podporuje produkci melaninu a melanocytů (projeví se hnědým zbarvením). V rozumném

množství je pro lidské tělo potřebné, protože napomáhá ke vzniku vitamínu D, sterilizuje a zvyšuje odolnost vůči patogenním bakteriím. Podporuje také cirkulaci krve a posiluje metabolismus. Ve větších dávkách však dochází k degenerativním procesům v kůži, což se projeví vznikem skvrn, vrásek a křehnutím pokožky. Pokud pronikne až do buněčných jader, může způsobit porušení DNA řetězců, což v důsledku často vede k rakovině kůže. Toto záření však nezpůsobuje záněty kůže. [4]

#### ➤ UVB záření

Záření typu B je zhruba 1000 krát nebezpečnější. Částečně je toto záření filtrováno ozónovou vrstvou a částečně dopadá na zemský povrch. Neproniká tak hluboko do kůže jako záření typu A. Působí zejména na vnější vrstvu kůže a způsobuje její zánět. [4]

#### ➤ UVC záření

Ultrafialové záření typu C je karcinogenní a nebezpečné pro všechny živé organismy. Je však prakticky úplně absorbováno ozónovou vrstvou, ale v případě vytvoření ozónové díry může dojít k jeho průniku na zemský povrch. [4]

## 1.2 Viditelné záření

Viditelné záření je v rozsahu vlnových délek od 390 nm do 760 nm a vytváří spektrum barev, na které je citlivé lidské oko (viz obr. 1). Každá vlnová délka přitom vyvolává různý zrakový vjem, tzv. barvu světla. Nejkratší vlnová délka odpovídá fialové barvě a nejdelší barvě červené (viz tabulka 1). Toto záření představuje asi 48 % energie slunečního záření. [5]

Barva	Rozsah vlnových délek (nm)
Fialová	390 – 430
Modrá	430 – 485
Modrozelená	485 – 505
Zelená	505 – 550
Žlutozelená	550 – 575
Žlutá	575 – 585
Oranžová	585 – 620
Červená	620 – 760

Tabulka 1 Rozsah vlnových délek viditelného spektra [5]

### 1.3 Infračervené záření

Infračervené záření (IR) zabírá poměrně velkou část elektromagnetického spektra. Navazuje na červenou oblast viditelného světla a na opačném konci dosahuje až milimetrových vlnových délek. IR záření vzniká vibracemi a rotací atomů a molekul v každé látce. Obvykle se dále dělí do pásem s částečně odlišnými vlastnostmi. Blízké infračervené záření neboli IR-A s vlnovou délkou do 1,4  $\mu\text{m}$ , střední pásmo IR-B s vlnovou délkou 1,4 až 3  $\mu\text{m}$  a vzdálené IR-C s vlnami delšími než 3  $\mu\text{m}$ . Základním a největším přirozeným zdrojem infračerveného záření je Slunce. Ve větší míře však IR záření produkují všechna rozžhavená tělesa včetně umělých zdrojů světla. [3]



## 2 VLIV UV ZÁŘENÍ NA LIDSKOU POKOŽKU

**Sluneční paprsky**, původně ne tak rizikové, se pro nás dnes staly, se zvyšujícím se narušením ozónové vrstvy, a průnikem krátkovlnného UV záření, rizikovým faktorem. Nejen o krátkovlnném UVC, ale i dlouhovlnném UVA záření se donedávna soudilo, že nepůsobí na kůži škodlivě. Dnes se ví, že tyto paprsky mohou přispět k rychlejšímu stárnutí pleti a podmínit její vzhled, pokožka se stává vrásčitou, s drsnými ložisky, které se mohou maligně zvrhnout. Aby se tyto negativní účinky výrazně zmírnily a do kůže pronikalo, co možná nejméně negativně působících paprsků, začaly se vyvíjet ochranné prostředky zaměřené na ochranu proti vlivu slunečního záření.

**Ochranu proti vlivům slunečních paprsků** mohou plnit oděvy nebo kosmetika. Nejlepší ochranou je samozřejmě uvážlivý pobyt na slunci během dne. Zejména osoby vyznačující se patologickými reakcemi kůže na ozáření, by měly dodržovat pravidla pobytu na slunci. Na slunci by se měly zdržovat pouze do 10 hodin dopoledne a po 15. hodině odpoledne, resp. by se tyto osoby neměly vystavovat slunečním paprskům vůbec. Tito jedinci by si měli uvědomit, že je před negativním působením záření nemusí ochránit ani mraky nebo stín. I ve stínu může dojít ke zhoršení jejich kožních potíží prostřednictvím rozptýlených nebo odražených paprsků od bílých stěn domů, písku, vodní hladiny, od betonu nebo i asfaltové silnice.

**Oděv** nemusí být vždy dostačující ochranou, jak se donedávna tvrdilo. Velmi záleží na kvalitě materiálu, ze kterého je oblečení zhotoveno, na tloušťce a hustotě vláken, na jejich barvě, na seprání, se kterým úzce souvisí velikosti ok mezi vlákny. [16]

Ochranné oděvy proti slunečnímu záření se stávají relativně novou variantou, jak chránit pokožku před škodlivými ultrafialovými paprsky (UV záření)

Ačkoli mnoho tkanin nepropouští sluneční UV paprsky, ne všechny mohou být označeny jako ochranné proti slunečnímu záření. Tyto textilie se liší od tradičních letních tkanin třemi způsoby:

1. Ochranné oděvy proti slunečnímu záření mají těsnější vazby než tradiční tkaniny nebo pleteniny.
2. Ochranné oděvy proti slunečnímu záření jsou obvykle tmavší barvy.

3. Ochranné oděvy proti slunečnímu záření jsou označeny jako UV ochranný faktor (UPF). Nemají vypadat jinak než ostatní látky, proto pozor na informační nášivce na rubu textilie.

Jako ochranné oděvy proti slunečnímu záření mohou být označeny pouze oblečení s UPF od 15 až 50 +.

➤ **Jakost tkaniny**

Hustota struktury látky je základním faktorem vysoké ochrany proti UV.

➤ **Typ vlákna**

Chemické struktury vláken determinují jeho absorpční vlastnosti. Rozdílné materiály mají různé absorpční spektrum a pohlcují paprsky o různé vlnové délce. Přirozená vlákna jako celulóza, hedvábí a vlna zajišťují jen slabou ochranu proti UV záření. Mikrovlákná polyesteru a polyamidu obsahují jako přísadu velké množství pigmentů  $\text{TiO}_2$  a tak zvětšují světelný rozptyl. Nejnížší stupeň ochrany proti UV záření vykazuje bavlna. Přináší však největší komfort při nošení, a proto je populárním ošacením pro slunečné léto. [22]

➤ **Barva**

V mnoha případech světlé barevné látky propouštějí UV paprsky lépe než tmavé nebo živě barevné. UV propustnost látek je snížena, když se absorpční maximum použité barvy vyskytuje v UV oblasti. Ke zlepšení UV ochrany by se do materiálu měly po obarvení přidat absorbéry. Látky s maximální absorpční schopností v oblasti UV jsou tzv. bezbarvé barvy (např. SOLARTEX). [22]

➤ **Hmotnost**

Větší hmotnost látky zvyšuje ochranu proti UV větší absorpcí.

➤ **Obsah vody**

UV ochranný faktor u mokrého oblečení je nižší než u suchého. Voda v prostorech mezi vlákny redukuje odrazovou schopnost tkaniny, kterou pak prochází více UV záření. U látky viskóзовé a u hedvábí závisí UV ochrana na jejich hustotě.

Zvětšující se hustota, nabobtnalá vlákna, menší prostory mezi vlákny zvýší ochranu proti UV.

#### ➤ **Použití textlie a její stárnutí**

UV ochranné faktory oblečení může změnit jejich užívání. Pokusy s tričky vyrobenými z bavlny ukázaly, že ochrana proti UV roste po jejich vyprání. Lehký stupeň sražení redukuje prostory mezi vlákny a zvyšuje UV ochranu.

#### ➤ **Zlepšení ochrany tkaniny proti UV záření**

Aby se zlepšila ochrana tkaninou proti UV záření, jsou vyvíjeny nové absorbéry vhodné jako přísady do tkaniny, např. bavlny a viskózy, s maximem UV absorpce mezi 300 až 320 nm. Pro informaci uživatelů by měl v budoucnosti být UV ochranný faktor označen na informační nášivce na rubu textlie. [22]

Významnou složkou při ochraně proti slunečním paprskům jsou kosmetické přípravky obsahující buď chemické, nebo fyzikální filtry.

**Chemické filtry** jsou do kosmetiky přidávány již delší dobu, **fyzikální** teprve v poslední době. Jejich použití bránilo zpočátku technické problémy s inkorporací do kosmetik a jejich roztíratelností. Fyzikální filtry mají výhodu v tom, že se nevstřebávají do kůže, zůstávají na jejím povrchu a chrání kůži i proti UVA záření. Jejich krycí účinek je lepší. Hodí se zejména pro ochranu dětské kůže. Tyto přípravky jsou dodávány v podobě roztoků, gelů, krémů, popř. rtěnek, které pohlcují i odrážejí až 95 % UV záření.

Účinnost ochranného prostředku je charakterizována ochranným faktorem (SPF). Čím je vyšší, tím účinnější je ochrana (znamená přibližně násobky "bezpečné" doby pobytu na slunci). Volba hodnot SPF závisí na aktuální intenzitě UV slunečního záření, která je podmíněna stavem atmosféry, ročním obdobím, geografickou polohou, nadmořskou výškou a denní dobou. Pomocným vodítkem by mělo být také zpravodajství ve sdělovacích prostředcích, které informuje o tzv. UV indexu. [16]

UV index je mezinárodní standardizovaná bezrozměrná veličina vyjadřující biologický efekt na lidské zdraví. Charakterizuje úroveň erytémového slunečního ultrafialového záření dopadajícího na zemský povrch. Používá se k informování obyvatelstva o možném negativním vlivu UV záření na lidský organismus. UV index je

definován na horizontální povrch. Obyvatelstvo je informováno nejen o očekávané maximální hodnotě UV indexu, ale také o tzv. „celkové době pobytu na slunci“ bez použití ochranných prostředků, po jejímž uplynutí již začne lidská pokožka reagovat tvorbou erytému. V tabulce 2 jsou znázorněny doporučené ochranné faktory pro jednotlivé fototypy viz tabulka 3.

Expozice	UV index	Fototyp			
		I.	II.	III.	IV.
Mírná	1-3	15	10	5	-
Vysoká	4-6	25	20	10	5
Velmi vysoká	7-9	40	30	20	15
Extrémní	10 a více	50	40	30	20

**Tabulka 2** Doporučené ochranné faktory pro jednotlivé fototypy [14]

Nesmíme také zapomínat, že UV záření působí i na naše oči. Proto je nezbytné používat osobní ochranné prostředky k ochraně očí (brýle s tónovacími skly a speciálními obrubami). Zatímco barva skel není primárně důležitá, je důležitý filtr UV záření. Před UV zářením v celém rozsahu chrání brýle označené UV 400. Širší nosníky obrub pak chrání před vnikáním odražených UV paprsků do oka ze stran. Jako osobní ochranný pracovní prostředek se užívají štíty se skly nepropouštějícími UV záření (svařování, řezání kovů aj.).

## 2.1 Fotoprotekce (ochrana proti záření)

Lidská kůže jeví určité odchylky, které se projevují zejména odlišnou barvou. Barva je podmíněna prokrvením, různými pigmenty, hlavně melaninem. Na základě dlouhodobého vývoje a nutnosti přizpůsobit se přírodním podmínkám vznikly rozdíly v pigmentaci, které jsou dnes již geneticky dány. Na této podstatě je založeno rozlišení tzv. fototypů kůže. Lze je stanovit po pečlivém rozboru (zjištění doby vzniku, trvání, intenzity a vzájemném poměru zarudnutí a pigmentace). Na základě těchto zjištění je zvykem rozdělit populaci na šest fototypů (typ I, typ II, typ III, typ IV, typ V, typ VI). Pro běžnou středoevropskou populaci však stačí čtyři fototypy (viz Tabulka 3).

Typ pleti	Charakteristika typu	Označení typu	Reakce na slunci		Doba vlastní ochrany na slunci
			Spálení	Opálení	
<b>I.</b>	pleť nápadně světlá, silné pihy, vlasy rezavé, oči modré	keltský typ	těžké bolestivé zčervenání	po 1-2 dnech olupování	5-10 min
<b>II.</b>	pleť lehce tmavší pihy řídké vlasy blond oči modré, zelené, šedé	Evropan se světlou pletí	těžké bolestivé	malé s olupováním	10-20 min
<b>III.</b>	pleť světle hnědá pihy žádné vlasy tmavě hnědé oči šedé, hnědé	Evropan s tmavou pletí	zřídka mírné	průměrné	20-30 min
<b>IV.</b>	pleť hnědá olivová vlasy tmavě hnědé oči tmavé	středomořský	Žádné	rychlé silné	40 min

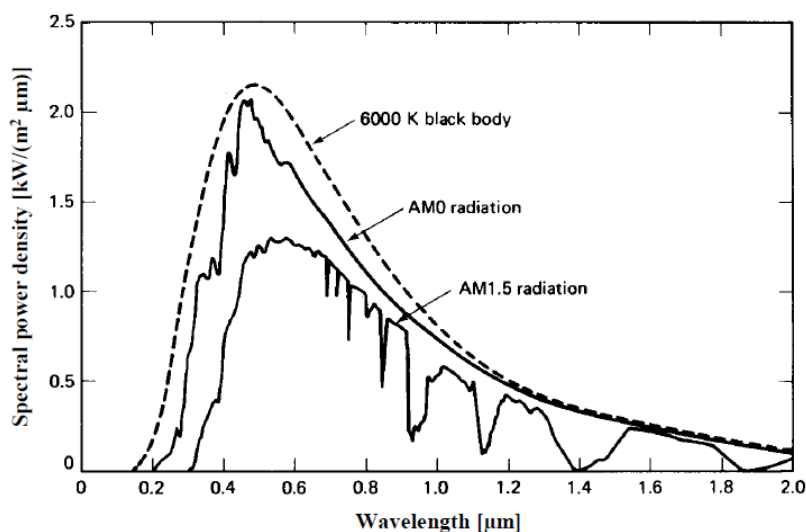
Tabulka 3 Rozdělení fototypu pokožky

Každému kožnímu fototypu přísluší **minimální zánětlivá dávka (MED)** – dávka záření schopná za 24 hodin vyvolat zřetelné zarudnutí kůže. MED je stanovena na základě velkého počtu měření uskutečňovaných na dermatologických pracovištích celého světa. [22]

## 2.2 Intenzita slunečního záření

Intenzita ultrafialového záření se podstatně zesiluje odrazem od sněhu, ledovců, bílého písku, vodních ploch - až o 85 %. Nezanedbatelným faktorem je nadmořská výška. Pro každých 1000 m nad mořem roste intenzita erytematogenní složky o 6 až 8 %, takže ve výšce asi 1500 m je intenzita asi o 12% větší než na hladině moře. Erytematogenní působení slunce je ovlivňováno i vlhkostí a znečištěním vzduchu (atmosférický zákal) a teplotou. UV záření dosahuje nejvyšší intenzity za jasné oblohy. Oblačnost všeobecně UV záření zeslabuje, toto zeslabení ale velmi závisí na typu a velikosti oblaků. Tenká nebo ojedinělá oblaka jen málo ovlivňují UV radiaci, dokonce ji mohou i bočním odrazem zvýšit. UV-B záření je největší mezi 10:00 a 14:00 hodinou.

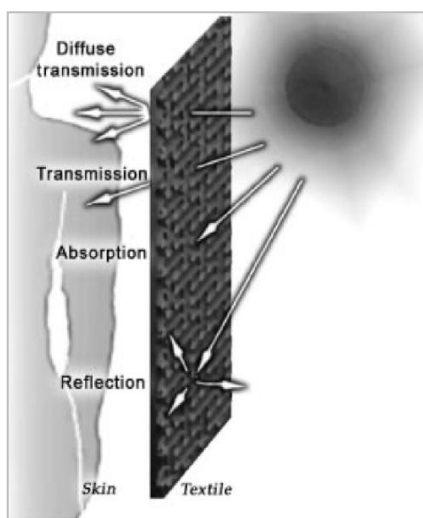
UV-A roste během dne a může překročit radiaci UV-B 1 krát až 1000 krát. Na severní polokouli je UV-B záření nejintenzivnější v letních měsících, zatímco UV-A záření je stabilní po celý rok. Na obr. č. 2 je znázorněn graf spektrální distribuce slunečního záření s ohledem na podíl UV záření.



Obr. 2 Graf spektrální distribuce slunečního záření s ohledem na podíl UV záření

## 2.3 Prostup světla látkou

Při prostupu světla materiálem a následujícím dopadem na kožní povrch prochází pouze jeho část nezměněná v „původním směru“ nazývaná jako transmise (propustnost), zbytek se může buď rozptýlit (reflexe) nebo absorbovat (absorpce), (viz obr. 3).



Obr. 3 Transmise, reflexe a absorpce [18]

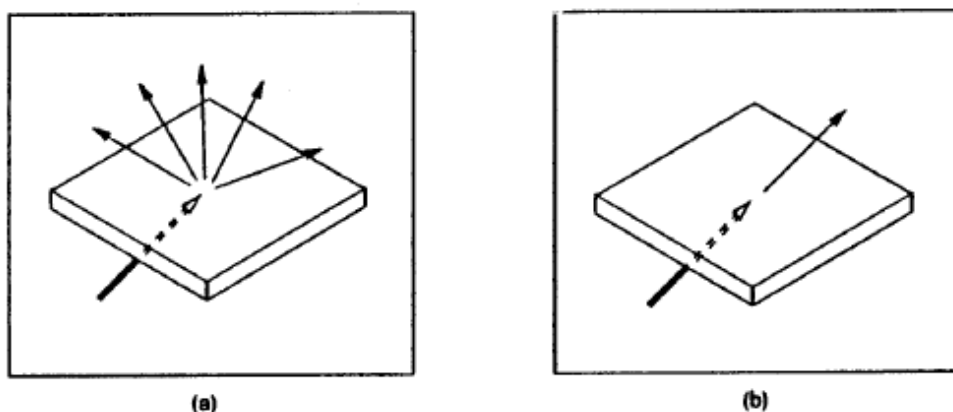
**Transmise  $T$**  je průchod světla osvětlovaným předmětem [8]. Vyjadřuje se poměrem intenzity elektromagnetického záření po přechodu vrstvou látky k původní intenzitě záření. Pro jeho výpočet je možno využít známého Lambert-Beerova zákona, kde platí, že míra absorpce sledovaného záření je závislá na tloušťce prostředí  $l$ , kterým toto záření prochází. Je definována jako (viz rovnice 1):

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

kde  $T$  je transmise (propustnost) a nabývá hodnot od 0 - 1 (0 – 100%).  
 Pokud  $T = 0 \rightarrow$  prostředí nepropouští světlo vůbec  
 a pokud  $T = 1 \rightarrow$  prostředí propouští všechno světlo.  
 $I$  je intenzita světla, které prošlo vzorkem  
 $I_0$  je intenzita světla, které do vzorku vstoupilo. [24]

V experimentální části této diplomové práce bylo měření transmise uskutečněno dvěma způsoby. Nejprve byla měřena difusní transmise viz obr. č. 4 a), která byla zjišťována pomocí spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC viz obr.č 21. Z ní byl dále vypočítán UPF ochranný faktor. Difusní transmise znamená vychylování paprsku při prostupu do mnoha směrů.

Dále byla měřena primární transmise viz obr. 4 b), která byla zjišťována spektrofotometrem SF 600 viz obr č. 18. Měření bylo provedeno tak, že zkušební vzorek byl umístěn a připoután speciálním držákem proti měřicí šterbině přístroje. Zkušební vzorek je zvýrazněn světelným ohniskem, které je umístěno uvnitř přístroje. Přístroj měří vlnové délky odražených a pohlcených částí světla. Naměřené údaje jsou ukládány v počítačové databázi a mohou být používány speciálním počítačovým softwarem ke třídění a výpočtu hodnot barevných parametrů potřebných pro stanovení barvy.



Obr. 4 Znáznění difusní transmise a) primární transmise b) [8]

**Absorbce  $A$**  udává, kolik světla bylo pohlceno měřeným vzorkem. Je to bezrozměrná veličina a lze ji definovat na základě transmise jako (viz rovnice 2):

$$A = -\log T \quad (2)$$

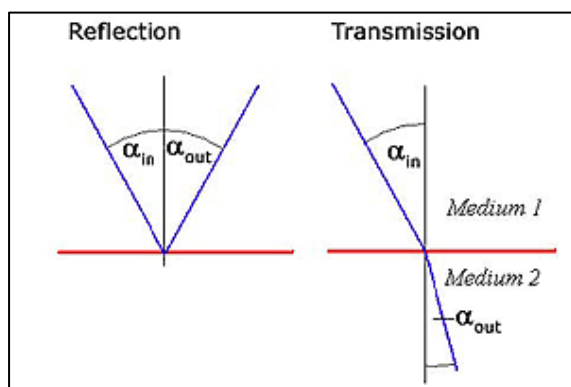
kde,  $A$  je absorpce  
 $T$  je transmise

**Reflexe - odraz světla:** „Dopadne –li světlo na rozhraní dvou prostředí, dochází ke dvěma jevům. Část dopadajícího světla se odráží a část se láme (viz obr. č. 5, 6). Pro odraz světla platí dva zákony: úhel dopadu a úhel odrazu.

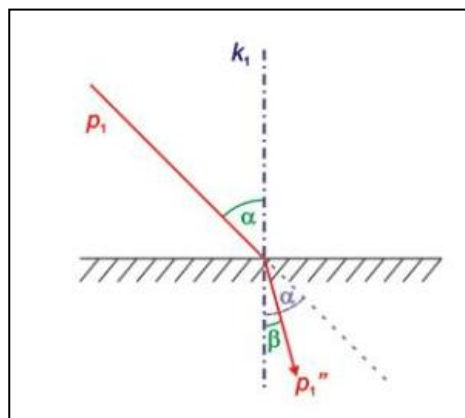
Úhel dopadu – úhel, který svírá dopadající světelný paprsek a kolmice dopadu.

Úhel odrazu – úhel, který svírá odražený světelný paprsek a kolmice dopadu.

Úhel dopadu  $\alpha$  a úhel odrazu  $\alpha'$  leží v jedné rovině a úhel dopadu se rovná úhlu odrazu“. [11]



Obr. 5 Transmise a reflexe



Obr. 6 Odraz a lom světla na rozhraní dvou prostředí



### 3 UPF – ULTRAVIOLET PROTECTION FACTOR

Vzhledem k tomu, že se podstatná část experimentu zabývá měřením UPF, který se dále porovnává např. s nezaplňenou plochou měřených vzorků, je tato část věnována popisu ochranného faktoru.

Z pohledu ochrany lidské kůže oproti účinkům UV záření byly postupem času zavedeny dva faktory, které hodnotí míru ochrany člověka – SPF a UPF. Je nutno říci, že označení SPF se používá pro ochranné sluneční krémy a oleje, na rozdíl od UPF, který označuje míru ochrany textilií. Jak pro SPF, tak UPF platí, že dvojnásobný faktor nepředstavuje dvojnásobně vyšší bariéru proti propustnosti UV záření, pouze nám sděluje prodloužení doby minimální erytemové dávky. Pro potřeby této diplomové práce se budeme zabývat pouze UPF faktorem.

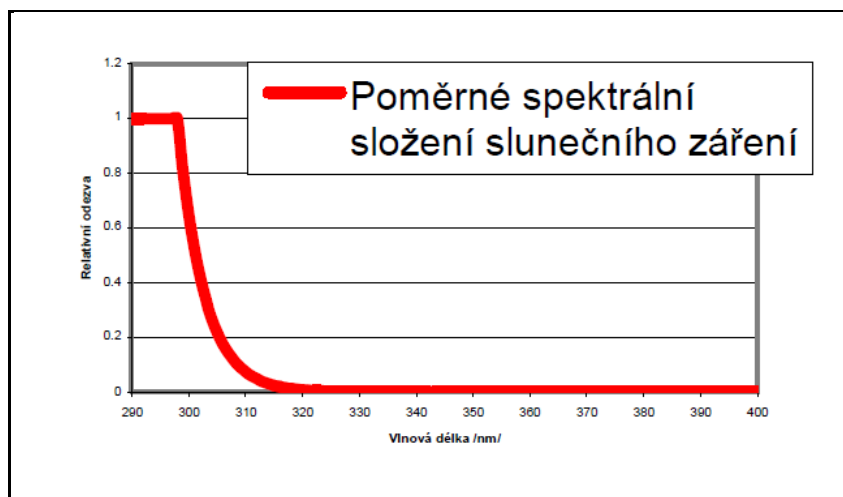
Termín UPF (ultrafialový ochranný faktor) byl obecně přijat celosvětovým textilním a oděvním průmyslem k označení ochranné schopnosti textilie založené na pomocném měření. UPF je poměr průměrného efektivního ultrafialového záření (UVR) vypočítaného pro nechráněnou pokožku k průměrnému efektivnímu UVR vypočítanému pro pokožku chráněnou testovanou tkaninou. [18]

Norma ČSN EN 13758 – 1: 2001 + A1: 2006 předpokládá výpočet hodnoty ultrafialového ochranného faktoru dle vzorce (3):

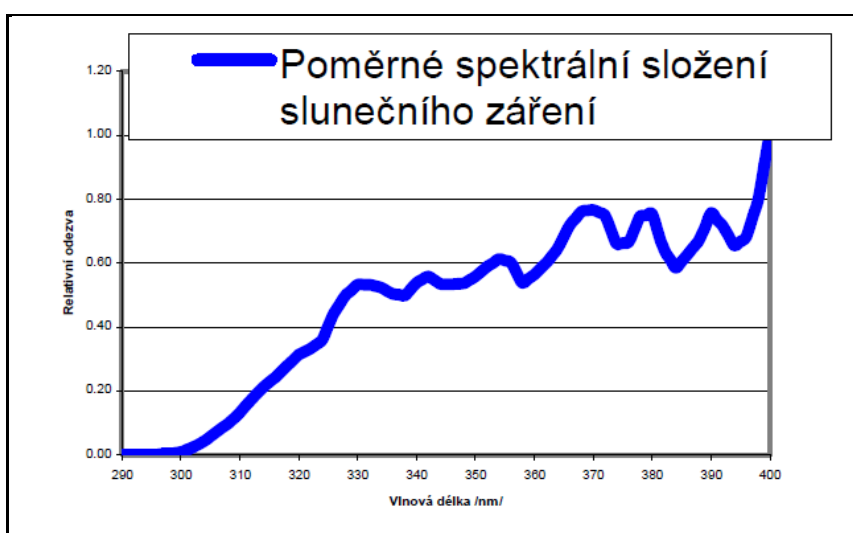
$$UPF = \frac{\sum_{290nm}^{400nm} E_{\lambda} x S_{\lambda} x \Delta\lambda}{\sum_{290nm}^{400nm} E_{\lambda} x S_{\lambda} x T_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3)$$

kde:

- $E_{\lambda}$  = erytemální spektrální účinnost podle CIE viz obr. č. 7
- $S_{\lambda}$  = spektrální distribuce sluneční energie viz obr. č. 8
- $T_{\lambda}$  = spektrální transmise testovaného vzorku
- $\Delta\lambda$  = šířka měřeného pásma



Obr. 7  $E_{\lambda}$  - erytemální spektrální účinnost podle CIE [10]



Obr. 8  $S_{\lambda}$  - spektrální distribuce sluneční energie [10]

V následující tabulce 4 je znázorněno rozdělení a označení UPF podle míry ochrany pokožky.

Kategorie ochrany	UPF	UPF označení na oděvech	Přibližné % absorpce UV záření
dobrá UV ochrana	15 - 24	15 and 20	93.3% - 95.8%
Velmi dobrá UV ochrana	25 - 39	25, 30 and 35	96.0% - 97.4%
Výborná UV ochrana	40 - 50+	40, 45, 50 and 50+	97.5% - 98.0%

Tabulka 4 Rozdělení a označení UPF podle míry ochrany pokožky [10]

## 4 CIE - BAREVNÝ PROSTOR

Vzhledem k tomu, že se část diplomové práce zabývá měřením světlostálosti a vyjádřením světlostálosti testovaných textilií, je tato část věnována popisu barevnému systému CIE  $L^*a^*b^*$ .

Tento model je definován organizací Commission Internationale de l'Eclairage, Mezinárodní organizace pro osvětlení CIE, která byla založena v roce 1931. Je to organizace, jejímž posláním je mezinárodní spolupráce a výměna informací mezi jednotlivými členskými zeměmi v oblasti světelné techniky. Jejími členy jsou národní komitáty třiceti devíti zemí, jedna geografická oblast a jedenáct individuálních členů.

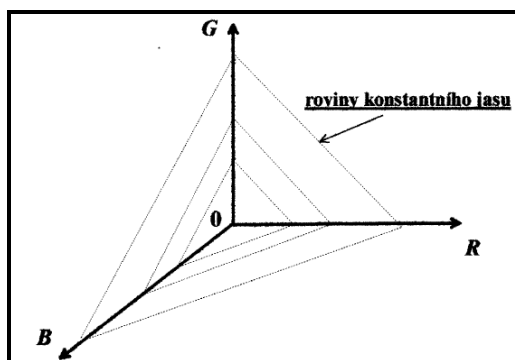
Základem pro tvorbu CIE barevné soustavy XYZ byl vzat systém RGB. Tento systém je ve své podstatě založen na faktu, že pomocí tří vhodně zvolených světél, lze jejich aditivním míšením vzbudit vjem jakékoliv barvy.

### 4.1 RGB systém

Je nutné si uvědomit, že základními veličinami, které určují barvu jsou jas (value), odstín (hue) a sytost (chroma). Každé barvě může být v prostoru přiřazen bod. Podle 1. Grassmanova zákona každá změna barvy může mít za následek změnu bodu v tomto prostoru. Pokud budeme chápat prostor jako souřadný systém, lze tento bod v prostoru popsat třemi souřadnicemi, které jsou na sobě nezávislé. [9]

Další podmínkou pro popis barvy ve zvoleném prostoru je, že žádná ze souřadnic nesmí být kombinací dalších dvou souřadnic. Barvy, které tuto podmínku splňují, jsou nazývány jako primární barvy. Vzhledem k tomu, že se jedná o aditivní míšení barev, pak mluvíme o primárních světlech.

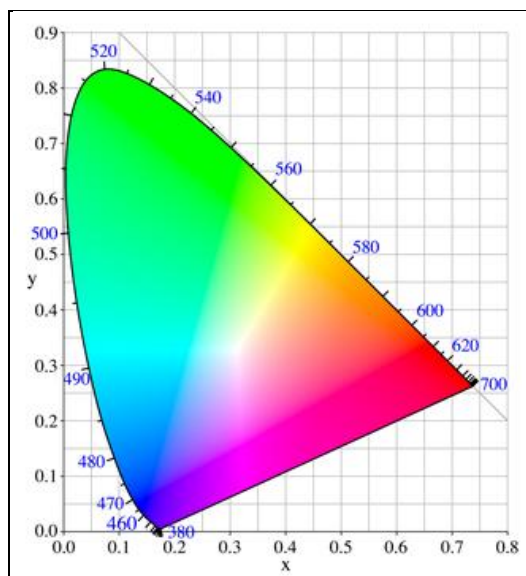
Pro definici základního RGB systému a jeho základ jsou obvykle brána světla červené **R**, zelené **G** a modré **B**. Prostor definovaný těmito základními světly si můžeme představit jako systém o souřadnicích **R**, **G**, **B**. Počátek tohoto systému je v 0 a tato pozice odpovídá černé barvě. Pokud v tomto prostoru povedeme dvě rovnoběžné roviny pak tyto roviny vytínají přímky, na kterých leží barvy o stejném odstínu a sytosti, avšak o různém jasu. RGB systém je znázorněn na obr.č. 9. [9]



Obr. 9 Barevný prostor RGB [8]

Díky tomu, že systém souřadnic  $X$ ,  $Y$  a  $Z$  je pravoúhlý, můžeme jednotkovou rovinu, která vytíná v prostoru  $XYZ$  rovnostranný trojúhelník, promítnout do roviny  $XY$ . Tím se získá dvojrozměrný diagram s osami  $x$ ,  $y$ .

Tomuto diagramu říkáme CIE  $x$ ,  $y$  – diagram je znázorněn na obr. č. 10 [8]



Obr. 10 CIE  $x$ ,  $y$  – chromatický diagram

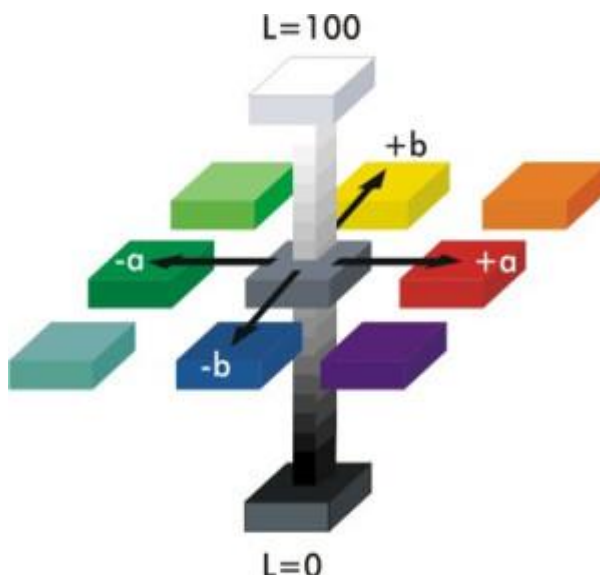
## 4.2 Barevná škála CIE $L^*a^*b^*$

Nevýhodu vizuální nestejnoměrnosti CIE  $xy$  diagramu řeší transformace CIE  $XYZ$  systému do systému CIE  $L^*a^*b^*$ , který byl přijat komisí CIE v roce 1976. I když i tato kolorimetrická soustava je nestejnoměrně odstupňována, lze říci, že vizuální nestejnoměrnost je cca 10 krát menší v případě kolorimetrické soustavy CIE  $XYZ$ . Kromě toho umožňuje kolorimetrická soustava CIE  $L^*a^*b^*$  snadnou orientaci, díky které lze na základě číselných údajů snadno identifikovat příslušnou barvu. Na rozdíl od soustavy  $XYZ$ , není nutné nejprve přepočíst trichromatické složky na trichromatické souřadnice, na základě kterých lze odstín identifikovat. [9]

Barevná škála CIE L\*a\*b\* může být použita na jakýkoli předmět, jehož barva může být měřena. Je značně používána v mnoha průmyslových odvětvích. Poskytuje standardní měřítko pro srovnání barevných hodnot.

Barevná škála CIE L\*a\*b\* je přibližně jednotná barevná škála, kde odpovídají rozdíly mezi body zakreslenými v barevném prostoru, vzhledovým rozdílům mezi barvami. Barevný prostor CIE L\*a\*b\* je organizován ve formě krychle. Osa \*L probíhá shora dolů. Maximum pro \*L je 100, což představuje ideální odrážející difuzor. Minimum pro L\* je nula, což představuje černou. Osy a\* b\* nemají žádné konkrétní číselné limity. Pozitivní \*a je červená. Negativní \*a je zelená. Pozitivní b\* je žlutá. Negativní b\* je modrá. [9]

Na níže uvedeném obr. č. 11 je uveden diagram reprezentující barevný prostor CIE L\*a\*b\*.

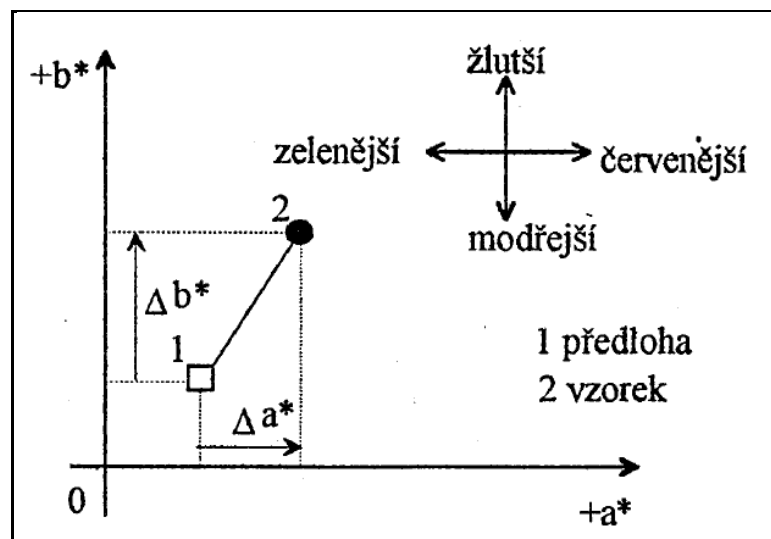


**Obr. 11 Diagram reprezentující barevný prostor CIELAB**

S touto barevnou stupnicí jsou spojovány delta hodnoty.  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$   $\Delta b^*$ , které ukazují, jak moc se standardní a zkušební vzorek liší od dalšího v L \*, a \*, b \*. [6]

V každém zobrazovaném a definovaném prostoru lze odvodit pro jednotlivé polohy barev vzdálenosti, které odpovídají odchylkám v hodnotě jasové složky nebo odchylkám v odstínu a čistotě. Celková barevná diference je pak definovaná a matematicky vyjádřena pomocí Pythagorovy věty následujícím vztahem (viz rovnice 4) a graficky znázorněna na obr. č 12:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$



Obr. 12 grafické vyjádření barevné odchylky [8]

Je mírou velikosti barevného rozdílu mezi předlohou a vzorkem, nemůže však indikovat povahu této difference. Tuto dodatečnou informaci poskytuje rozdělení do tří složek, ty je možno vyjadřovat buď v rámci prostoru LAB nebo v rámci prostoru LCH. V případě prostoru LAB je situace relativně jednoduchá, neboť pracujeme v soustavě pravoúhlých souřadnic (viz rovnice 5 a-c):

$$\Delta L^* = L^*_{2(\text{vzorku})} - L^*_{1(\text{předlohy})} \quad (5a)$$

$$\Delta a^* = a^*_{2(\text{vzorku})} - a^*_{1(\text{předlohy})} \quad (5b)$$

$$\Delta b^* = b^*_{2(\text{vzorku})} - b^*_{1(\text{předlohy})} \quad (5c)$$

kde  $\Delta L^*$  je jasová odchylka,  $\Delta a^*$  a  $\Delta b^*$  znázorňují rozdíly pozic v  $a^* b^*$  diagramu jak je možno vidět na obrázku č. 9. [8]

## 5 OBRAZOVÁ ANALÝZA

Obrazová analýza nachází v současné době rozsáhlé použití v řadě oborů, kde je zapotřebí pořizovat, zpracovávat a uchovávat obrazová data. S rozvojem počítačové techniky, především s ohledem na kapacitu a rychlost zpracování obrazových dat, byla vytvořena řada softwarových produktů, které nachází uplatnění ve spoustě oborech.

Obrazová analýza nahrazuje vizuální subjektivní hodnocení, při kterém může dojít k rozdílnému ohodnocení určitého znaku zkoumaného předmětu. Oblast použití analýzy obrazu je velice rozmanitá, umožňuje přizpůsobivost a opakovatelnost rozboru, nedochází k destrukci vzorku, vyžaduje však výkonné počítačové vybavení. Analýza obrazu pracuje s barevnými prostory RGB i CIE  $L^*a^*b^*$ . Princip analýzy obrazu spočívá v počítačovém vyhodnocení digitálního obrazu sledovaného objektu sejmutého digitální kamerou, digitálním fotoaparátem nebo scannerem. Obraz rozdělený na jednotlivé body – pixely lze rovnou zpracovat přímo ve formátu \*.jpg.

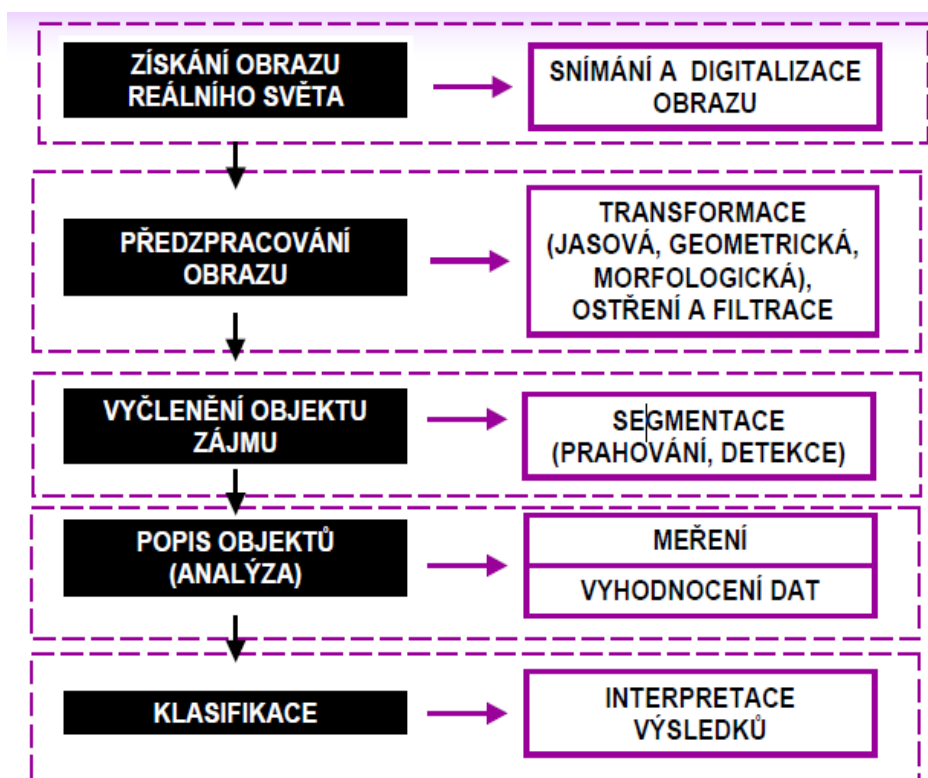
V této diplomové práci je měření na obrazové analýze provádí z důvodu porovnání nezaplňené plochy s UPF ochranným faktorem zvolených textilních materiálů. V experimentální části této práce je použit systém pro počítačovou analýzu obrazu, který je složen z digitální kamery a počítače a je vybaven speciálním programem NIS-Elements.

### 5.1 Princip obrazové analýzy

Výsledkem záznamu odrazu viditelné části spektra elektromagnetického záření snímačem digitálního zařízení je vždy matice obrazových bodů (pixelů). Jednotlivé body jsou jednoznačně určeny svojí polohou v dvourozměrném souřadnicovém systému os  $x$ ,  $y$  a obsahují informaci o barevné hodnotě a jas (intenzitě). Jas a barva se nemohou uvnitř pixelu měnit. Barva viditelného spektra bývá zjednodušeně definována nejběžněji třemi barevnými složkami – červenou, zelenou a modrou – RGB. Všechny tyto polohové a barevné hodnoty jsou vyjádřeny číselnými hodnotami, které jsou následně interpretovány programovým vybavením do konečné podoby digitální fotografie, která je tvořena pouze souborem čísel. Digitální fotografii si lze v tomto kontextu zjednodušeně představit jako tři barevné vrstvy, které svým smícháním vytvářejí konečný barevný vjem.

Jako snímač byl použit systém typu CCD (Charge-Coupled Device), jehož senzor pracuje na principu převodu světelné energie na elektrickou. Jednotlivé „buňky“ senzorů citlivé na světlo jsou uspořádány do plošné matice, přičemž rozlišovací schopnost snímačů je dána násobkem počtu sloupců a řádků této matice. Hodnoty výsledného náboje jednotlivých buněk jsou následně interpretovány. Tento typ snímače je citlivý především na intenzitu světla a méně na barvu - získaný obrázek je černobílý. Výsledného barevného obrazu je dosaženo předřazením příslušného barevného filtru. [15]

Na obr. č. 13 je znázorněno schéma postupu snímání a zpracování obrazu textilních materiálů pomocí obrazové analýzy.



Obr. 13 Princip obrazové analýzy [19]



## B) EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 6 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

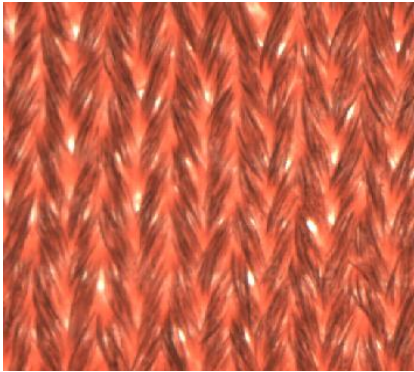
Pro praktickou část této diplomové práce bylo zvoleno 14 různých vzorků textilních materiálů (pletenin), které se používají pro výrobu plavek. Tyto materiály poskytla firma LITEX se sídlem v Litomyšli a firma Maryan Beachwear Group CZ, s.r.o. se sídlem v Broumově.

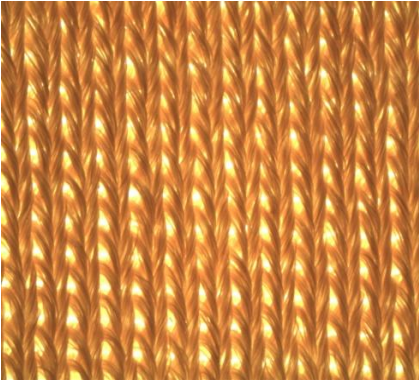
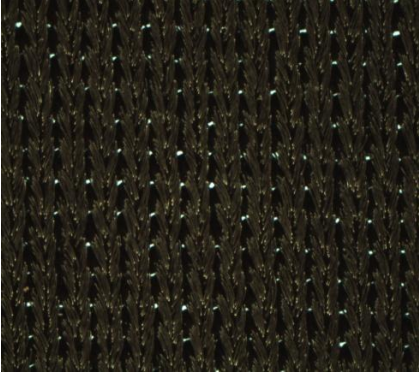
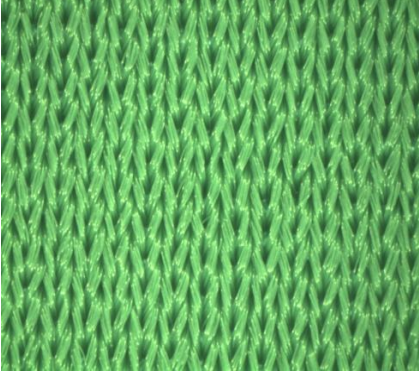
Rozbor materiálu byl realizován v laboratoři při těchto klimatických podmínkách: teplota 24°C, vlhkost 40 % a tlak 96,66 kPa.



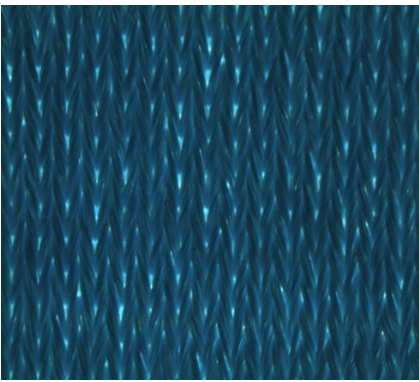
Materiálové složení bylo zjišťováno na optickém mikroskopu, kde byl pro každý vzorek připraven preparát, na kterém byl zkoumán příčný řez vláken.

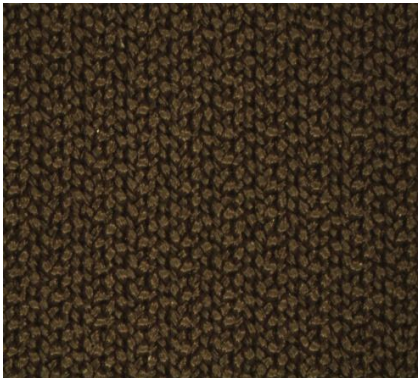
Plošná hmotnost byla měřena na digitální váze. Velikost vzorku byla 10 x 10 cm, zjištěná hmotnost byla přepočítána na  $\text{m}^2$ .


Tloušťka materiálu byla měřena pomocí tloušťkoměru (UNI – THICKNESS – METER) při zatížení 1 kPa, plocha čelisti byla  $1000 \text{ mm}^2$ . Měření bylo prováděno po dobu 30 s a bylo pětkrát zopakováno. Z naměřených hodnot byla vypočítána a použita průměrná hodnota.


<u>Vzorek č. 1</u>	<b>Rozbor materiálu:</b>
	<b>Materiál:</b> zátažná jednolícni pletenina <b>Materiálové složení:</b> PAD lesklý, nekruhový průřez <b>H<sub>s</sub>:</b> 24/10 mm <b>H<sub>f</sub>:</b> 26/10 mm <b>H<sub>c</sub>:</b> 624/10mm <sup>2</sup> <b>Plošná hmotnost:</b> 202,2 g.m <sup>-2</sup> <b>Tloušťka materiálu:</b> 0,628 mm

<p><b><u>Vzorek č. 2</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolící pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 23/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 28/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 644/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 205,2 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,584 mm</p>
<p><b><u>Vzorek č. 3</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolící pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 26/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 28/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 728/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 219,8 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,626 mm</p>
<p><b><u>Vzorek č. 4</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolící pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 24/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 28/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 672/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 206,7 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,708 mm</p>

<p><b><u>Vzorek č. 5</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolící pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 24/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 24/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 576/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 203,9 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,664 mm</p>
<p><b><u>Vzorek č. 6</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolící pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 24/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 26/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 624/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 204,9 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,642 mm</p>
<p><b><u>Vzorek č. 7</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolící pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 26/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 26/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 676/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 203,4 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,672 mm</p>

<p><b><u>Vzorek č. 8</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná oboulícní pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 17/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 36/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 612/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 176,7 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,376 mm</p>
--	--

<p><b><u>Vzorek č. 9</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolícní pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 16/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 26/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 416/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 233,5 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,672 mm</p>
---	---

<p><b><u>Vzorek č. 10</u></b></p> 	<p><b>Rozbor materiálu:</b></p> <p><b>Materiál:</b> zátažná jednolícní pletenina</p> <p><b>Materiálové složení:</b> PAD matovaný, kruhový průřez</p> <p><b>H<sub>s</sub>:</b> 16/10 mm</p> <p><b>H<sub>f</sub>:</b> 26/10 mm</p> <p><b>H<sub>c</sub>:</b> 416/10mm<sup>2</sup></p> <p><b>Plošná hmotnost:</b> 224,2 g.m<sup>-2</sup></p> <p><b>Tloušťka materiálu:</b> 0,624 mm</p>
---	---



**Vzorek č. 11**



**Rozbor materiálu:**

**Materiál:** zátažná jednolící pletenina

**Materiálové složení:** PAD matovaný,  
kruhový průřez

**H<sub>s</sub>:** 16/10 mm

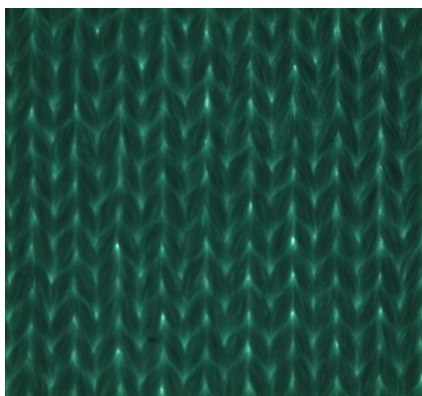
**H<sub>f</sub>:** 26/10 mm

**H<sub>c</sub>:** 416/10mm<sup>2</sup>

**Plošná hmotnost:** 238,9 g.m<sup>-2</sup>

**Tloušťka materiálu:** 0,67 mm

**Vzorek č. 12**



**Rozbor materiálu:**

**Materiál:** zátažná jednolící pletenina

**Materiálové složení:** PAD matovaný,  
kruhový průřez

**H<sub>s</sub>:** 16/10 mm

**H<sub>f</sub>:** 26/10 mm

**H<sub>c</sub>:** 416/10mm<sup>2</sup>

**Plošná hmotnost:** 238,9 g.m<sup>-2</sup>

**Tloušťka materiálu:** 0,67 mm

**Vzorek č. 13**



**Rozbor materiálu:**

**Materiál:** zátažná jednolící pletenina

**Materiálové složení:** PAD matovaný,  
kruhový průřez

**H<sub>s</sub>:** 16/10 mm

**H<sub>f</sub>:** 26/10 mm

**H<sub>c</sub>:** 416/10mm<sup>2</sup>

**Plošná hmotnost:** 238,9 g.m<sup>-2</sup>

**Tloušťka materiálu:** 0,67 mm

**Vzorek č. 14**



**Rozbor materiálu:**

**Materiál:** zátažná jednolící pletenina

**Materiálové složení:** PAD matovaný,  
kruhový průřez

**H<sub>s</sub>:** 16/10 mm

**H<sub>f</sub>:** 26/10 mm

**H<sub>c</sub>:** 416/10mm<sup>2</sup>

**Plošná hmotnost:** 238,9 g.m<sup>-2</sup>

**Tloušťka materiálu:** 0,67 mm

## 7 MĚŘENÍ TRANSMISE

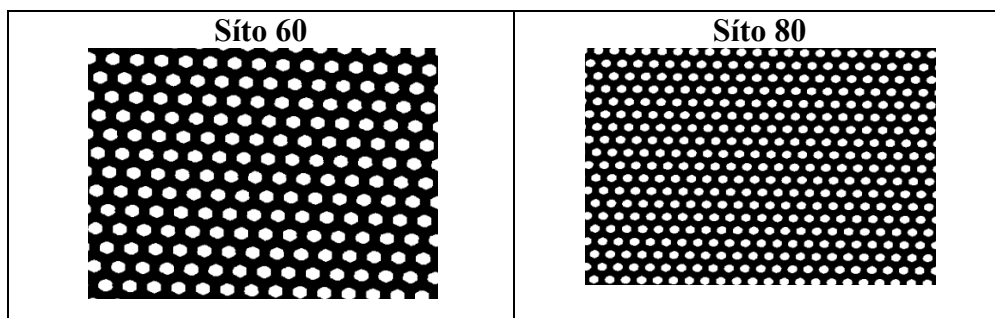
### 7.1 Použitá metoda kalibrace

Před zahájením měření na zvolených textilních materiálech, je důležité zvolit si kalibraci. Pro tuto kalibraci bylo vybráno šest tiskařských sít od firmy Karne screens (60 - STATO Screens, 80 STATO Screens, 100 STATO Screens, 125 FOCUS Screens, 135 NEXUS Screens, 155 FOCUS Screens), které mají přesně definovaný počet děr na danou plochu. Na těchto sítích byla nejprve naměřena primární transmise na spektrofotometru SF 600 (viz obr. 18), dále transmise včetně difuzní transmise tedy totální transmise na spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC (viz obr. 21), ze které byl následně vypočítán UPF. Jako poslední měření na těchto kalibračních sítích bylo realizováno nasnímání a vypočítání nezaplňené plochy pomocí obrazové analýzy. V následující tabulce 5 jsou zaznamenána naměřená data UPF, primární transmise a nezaplňená plocha tiskařských sít.

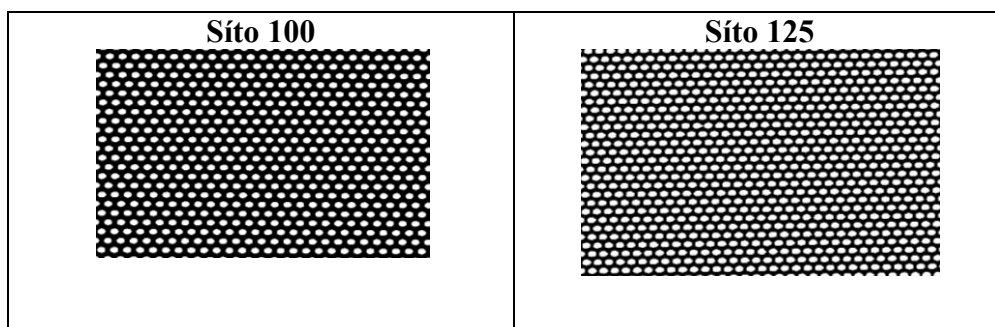
Ozn. síta	UPF [-]	RT [-]	Nezaplňená plocha [%]
60	5,61	39,928	33,22
80	5,85	40,79089	33,04
100	5,95	43,46153	37,9
125	5,55	33,60371	38,87
135	3,34	49,99923	50,75
155	6,59	43,95085	35,97

Tabulka 5 UPF primární transmise a nezaplňená plocha kalibračních sít

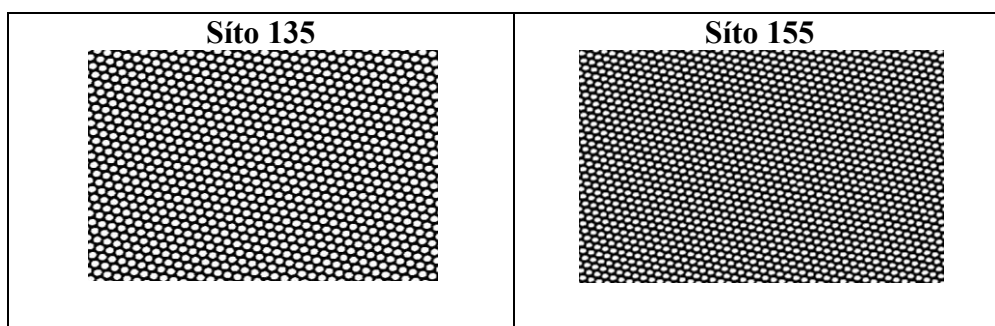
Na níže uvedených obr. č. 14, 15, 16 jsou znázorněny obrázky naprahovaných tiskařských sít, převedených do binárního obrazu. Síta byla nasnímána digitální kamerou a následně vyhodnocena v programu Nis-elements. Nejprve se naprahovalo síto s největšími děrami, podle kterého se dále při stejném prahování naprahovala i ostatní síta.



**Obr. 14** Znázornění naprahování tiskařského síta 60, 80



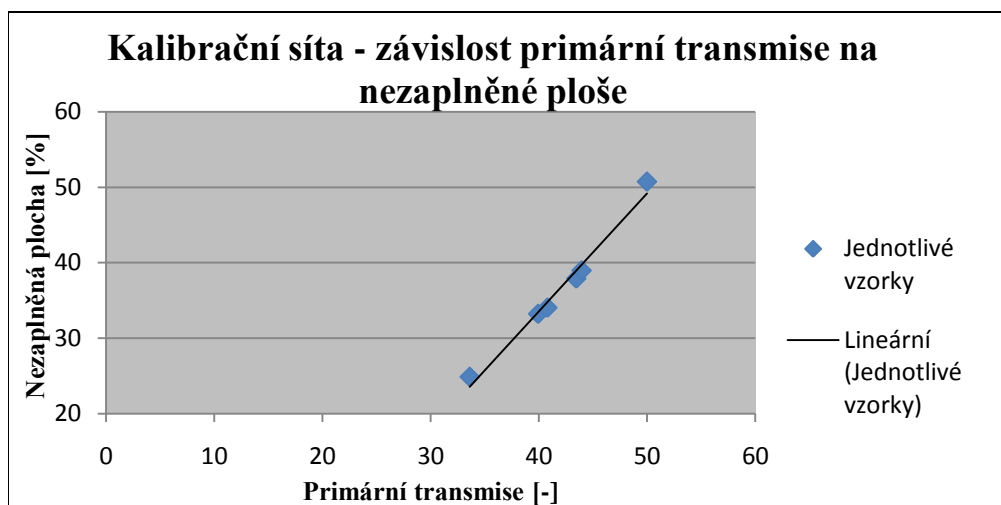
**Obr. 15** Znázornění naprahování tiskařského síta 100, 125



**Obr. 16** Znázornění naprahování tiskařského síta 135, 155



Na obr. č. 17 níže je znázorněna závislost primární transmise na nezaplňené ploše kalibračních sít. Graf znázorňuje lineární průběh.



Obr. 17 Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše kalibračních sít

## 7.2 Měření primární (regulární) transmise

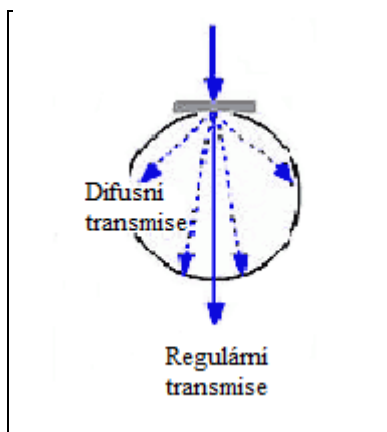
Měření primární transmise bylo provedeno na spektrofotometru SF 600 od firmy Datacolor v rozmezí od 400 do 700 nm viz obr. 18. Spektrofotometr má vybavení pro transmisní a remisní měření barevnosti materiálů. Přístroj je řízen počítačovým programem, který zároveň provádí statistické zpracování naměřených dat.



Obr. 18 Spektrofotometr SF 600 [11]

Přístroj má uspořádání 0/0, vzorek je osvětlován paprskem, který nepřekročí úhel  $5^\circ$  od normály vztažené k rovině měřeného vzorku. Úhel mezi osou a jakýmkoliv svazkem paprsků by neměl překročit  $5^\circ$ . Geometrické uspořádání pozorovacího paprsku je stejné jako geometrické uspořádání osvětlovacího paprsku. Měřený vzorek je umístěn

tak, že pouze paprsek regulární transmise je snímán detektorem, kterým může být diodové pole, či jiný fotosenzor. Nastavení podmínek v této konfiguraci odpovídá podmínkám měření regulární transmitance viz obr. č. 19. Pokud vyloučíme regulárně transmitovaný paprsek tím, že zařadíme do systému světelnou past, máme geometrické uspořádání, jež nám umožňuje měření difúzní transmise viz obr. č. 19.



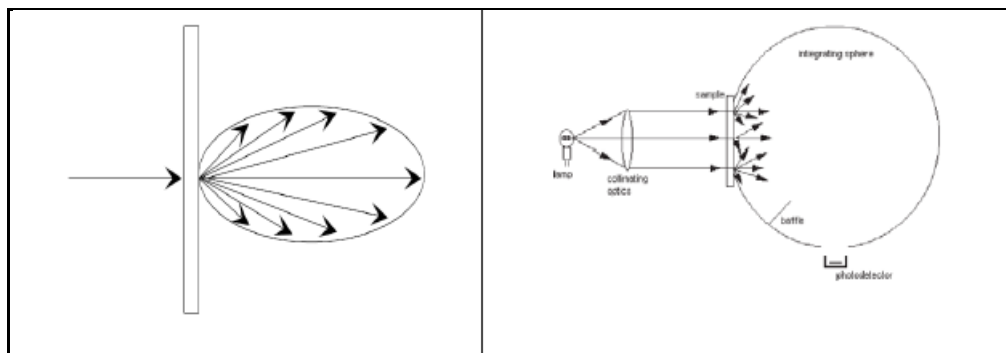
Obr. 19 Znáornění difusní a regulární transmise

### 7.3 Měření totální transmise

Měření totální transmise na určených vzorcích materiálu pro tento experiment bylo provedeno na měřicím zařízení, spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC viz obr. 21.

#### 7.3.1 Zkušební přístroj Shimadzu UV-3101PC

Norma ČSN EN 13758 z roku 2006 předpokládá použití spektrofotometru (viz obr. č. 21) vybaveného integrační koulí, dostatečnou spektrální rozlišovací schopností a v případě monochromatického osvitu i příslušným prahovým filtrem.



Obr. 20 Znáornění totální transmise a uspořádání při měření UPF [9]

### 7.3.2 Složení zkušebního přístroje

Spektrofotometr Shimadzu UV-3101PC se skládá z těchto částí:

**UV zdroj**, který poskytuje UV záření vlnové délky v rozmezí od 290 nm do 400 nm. Vhodný UV zdroj zahrnuje xenonovou výbojku, deuteriovou lampu, sluneční simulátor a integrační kouli s celkovým otvorem nepřesahujícím 10 % vnitřního povrchu koule. Vnitřní povrch musí být natřen vysoce reflektivním povlakem, např. síranem barnatým. Musí být opatřen clonou, aby vnitřní detektor nebo vnitřní zdroj při otevření pro zkušební vzorek, pokud je to možné, byl cloněn a pokud bude zasažen od stěny koule, aby byl měřen odražený světelný proud. [7]

**Monochromátor** vyhovující pro měření se spektrální šíří pásma od 5 nm nebo menší v rozmezí vlnové délky od 290 nm do 400 nm.

**UV propustný filtr**, který významně propouští pouze při vlnových délkách menších než přibližně 400 nm, a který nefluoreskuje. Vhodný UV propustný filtr musí být umístěn mezi zkušebním vzorkem a detektorem, pokud je zařízení monochromátoru před zkušebním vzorkem. Pokud to není praktické, filtr musí být umístěn při vstupu zkušební vzorku mezi zkušební vzorek a kouli. Tloušťka UV propustného filtru musí být mezi 1 mm a 3 mm.

**Držák vzorku**, který zajišťuje, aby zkušební vzorek držel v hladkém, nenapnutém stavu nebo v předem stanoveném napnutém stavu. Toto zařízení nesmí stát v cestě vstupu do integrační koule a ideální pozice plošné textilie je ve shodné rovině ke vstupu integrační koule.

### 7.3.3 Popis metodiky měření totální transmise

Zkušební vzorek se umístí před vstupní otvor integrační koule tak, že zdroji UV se vystaví líc textilie, který není určen při nošení ke styku s pokožkou. Pokud je v přístrojích monochromátor před vzorkem, ověří se fluorescence. Zjistí – li se přítomnost fluorescenčního barviva či OZP, použije se UV propustný filtr a UG 11, který má pásmo propustnosti od 250 do 400 nm (pro UVA i UVB oblast).

Měření bylo provedeno ve vlnových délkách 290 nm až 400 nm a zaznamenáno minimálně na každých 2 nm.

Hodnoty byly naměřeny pro nové materiály, které ještě nebyly vystaveny žádným vlivům. Z takto naměřených hodnot transmise byl vypočítán UPF. Dále byly materiály vystaveny UV záření na expozičním zařízení UVCON, kde na ně působilo záření při teplotě 50 °C po dobu 24 hod.

Po expozici na tomto zařízení bylo opět provedeno měření totální transmise na spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC a znovu byly vypočítány hodnoty UPF. Tento proces měření, kde na měřené materiály působí UV záření, byl opakován ještě po 48 a 72 hodinách. Po každé expozici byly zjišťovány hodnoty UPF, které byly následně zaznamenávány do tabulky (viz tab. č. 6).



**Obr. 21 Spektrofotometr Shimadzu UV-3101PC [12]**

## **7.4 Popis zařízení UVCON, Atlas UC-327-2**

Přístroj Atlas UVCON je laboratorní zařízení pro vystavování materiálů alternativní expozici ultrafialového záření. Umožňuje pomocí zrychleného testování, při nastavení volitelných cyklů „povětrnostních podmínek“, předvídat životnost materiálu vystaveného působení slunečního záření nebo vlhkosti. V několika dnech je tak znázorněno poškození – stárnutí, ke kterému při užívání dochází za dobu několika měsíců či let. [1] [2]

- Ultrafialové světlo: Radiační energie ze zářivek je soustředěna do rozsahu vlnových délek 400 nm. Nastavení teploty 50 – 90 °C. Aby byla obsluha chráněna před náhodnou expozicí škodlivého UV záření, je zařízení vybaveno

bezpečnostním zařízením, které automaticky vypíná zářivky, jestliže jsou otevřená dvířka zkušební komory.

- Kondenzace se realizuje pomocí ohřívané vody (topná spirála) v dolní komoře. Nastavení teploty 30 – 90°C. [1] [2]

Na cyklovém programátoru lze nastavit 24 hodinový cyklus střídání:

- 4 hod UV záření + 4 hod. kondenzace
- 8 hod UV záření + 4 hod. kondenzace
- 24 hod UV záření
- 24 hod kondenzace [1] [2]

Vzorky jsou umístěny na nepohyblivé držáky na dvou roštech po obou stranách přístroje.



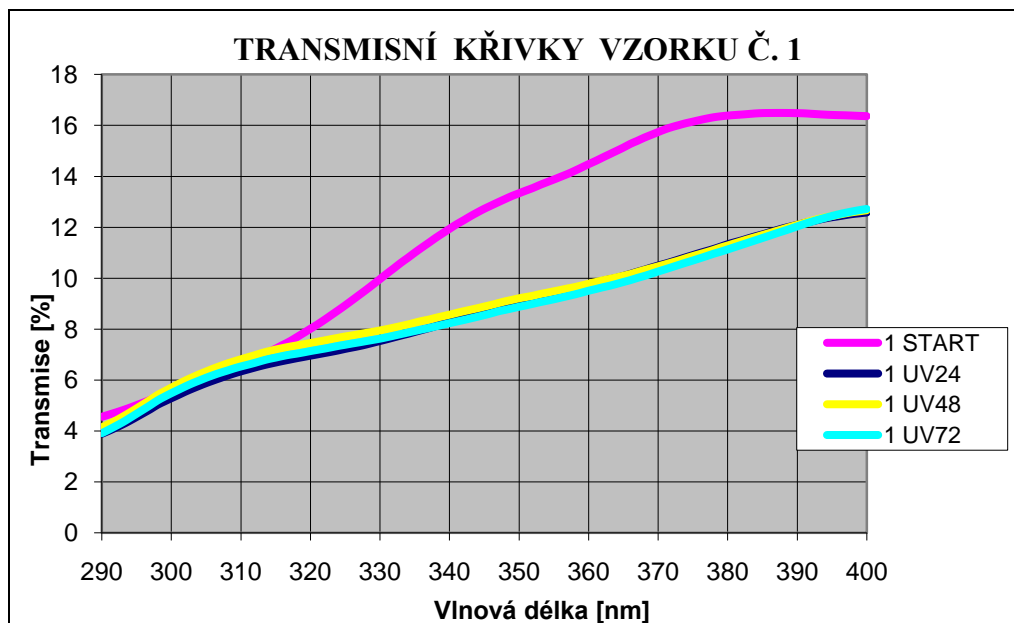
Obr. 22 UVCON, Atlas UC-327-2

V následující tabulce č. 6 jsou uvedeny naměřené hodnoty UPF před expozicí a po expozici 24, 48 a 72 hodinách.

č. vzorku	UPF [0 hod.]	UPF [24 hod.]	UPF [48 hod.]	UPF [72 hod.]
1	13	15	14	15
2	30	32	41	39
3	211	200	190	191
4	450	376	349	455
5	433	246	302	285
6	357	414	371	405
7	402	397	370	299
8	8921	48613	14257	24272
9	121	177	174	244
10	5836	5218	40187	18880
11	23	62	76	118
12	42	134	141	180
13	9225	8874	7590	22795
14	916	1119	1289	1289

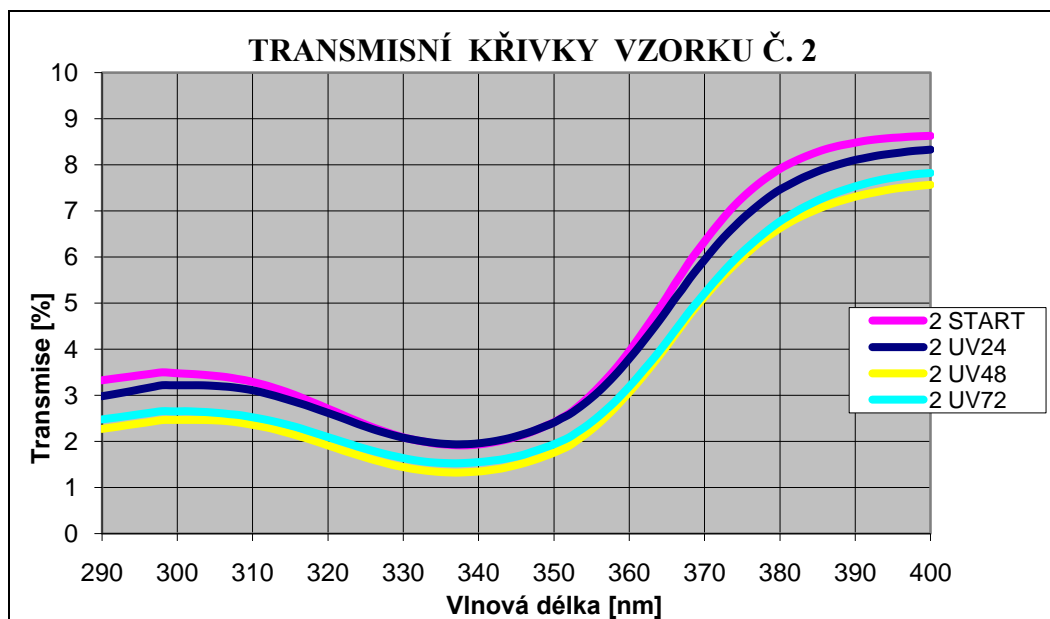
Tabulka 6 UPF všech materiálů na začátku, po 24 hod, 48 hod a 72 hod

Na níže uvedených obrázcích můžeme vidět grafické závislosti transmise UV záření na vlnové délce. Byly vybrány pouze reprezentativní grafy, potřebné pro znázornění. Grafy čtrnácti testovaných vzorků jsou uvedeny v příloze. č. 1.

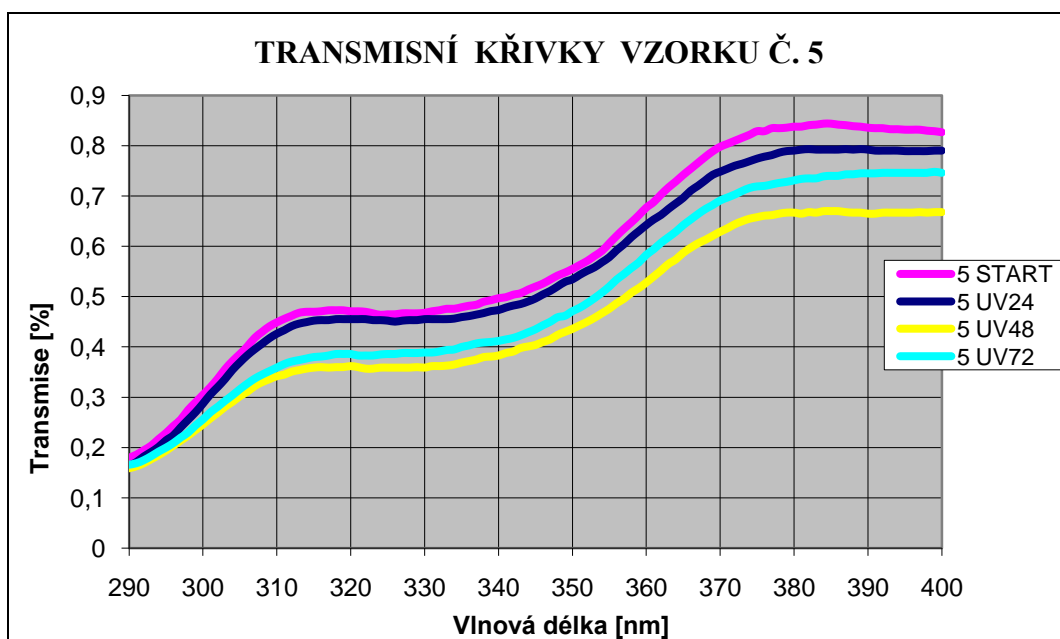


**Obr. 23** Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 1 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.

Na výše uvedeném obrázku č. 23 můžeme vidět transmissi UV záření vzorku č. 1 před ozářením, po působení UV záření po dobu 24 hodin, 48 hodin a 72 hodin. Z grafu vyplývá, že vlivem působení UV záření se u tohoto materiálu snižuje transmise a tak i klesá UPF ochranný faktor. Nejnížší pokles je znatelný mezi 370 a 380 nm. To je zapříčiněno vlivem UV záření, při kterém dochází k rozkladu chromoforu a přerušení systému konjugovaných dvojných vazeb.

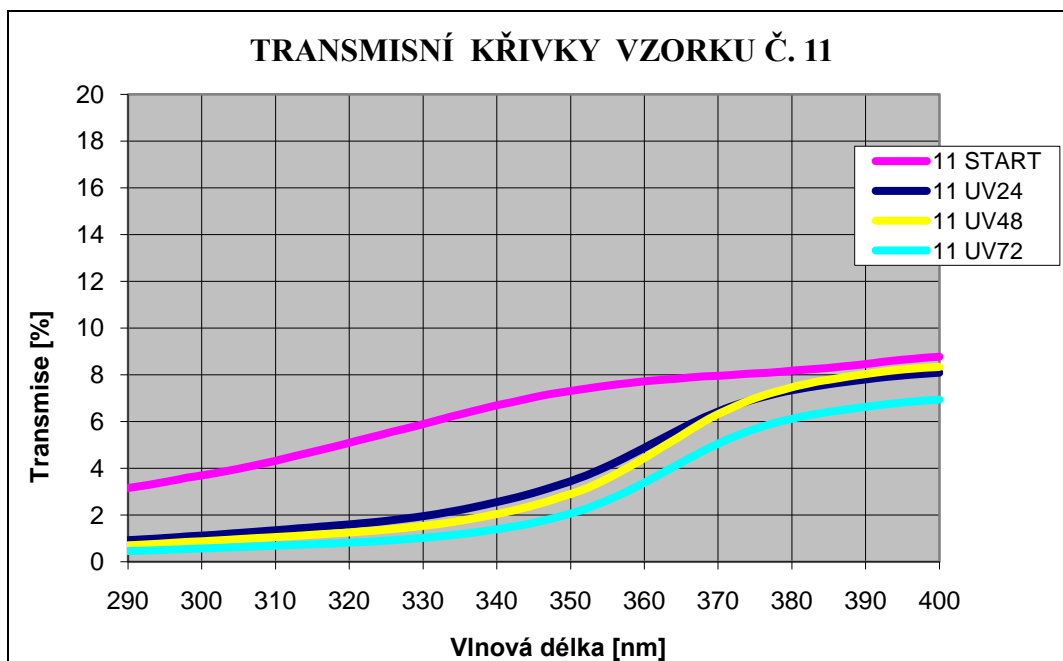


Obr. 24 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 2 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



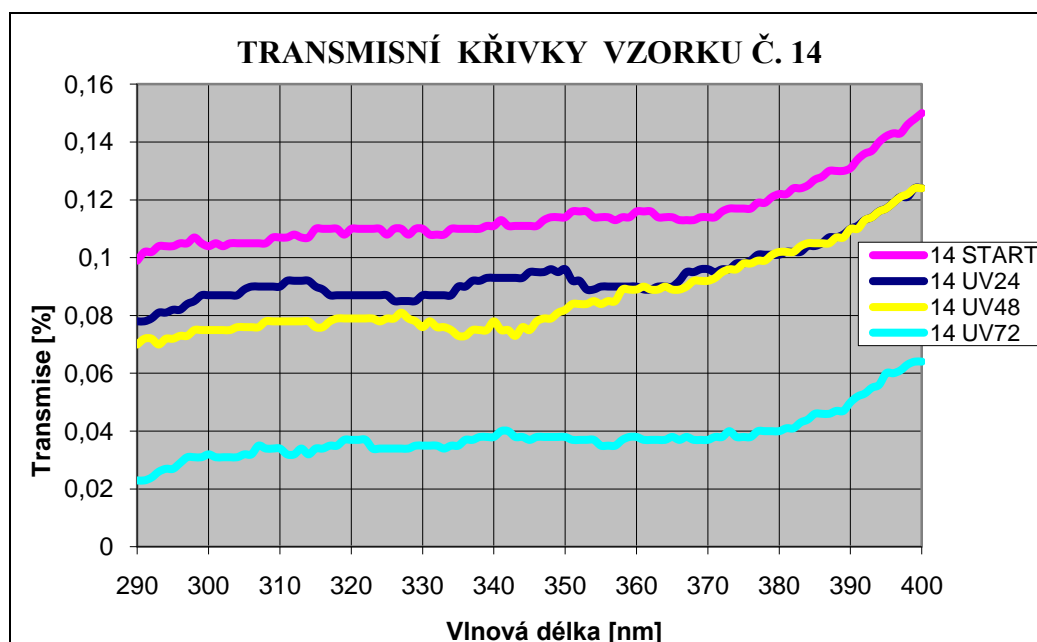
Obr. 25 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 5 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.

Na výše uvedených obr. č. 24, 25 je graficky znázorněno, že při působení UV záření se transmise na těchto vzorcích příliš nemění.



Obr. 26 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 11 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.

Na obr. č. 26 je graficky znázorněno, že působením UV záření dochází po 24 hodinách k mírnému poklesu transmise. Po další expozici UV záření se transmise začíná ustalovat.



Obr. 27 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 14 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



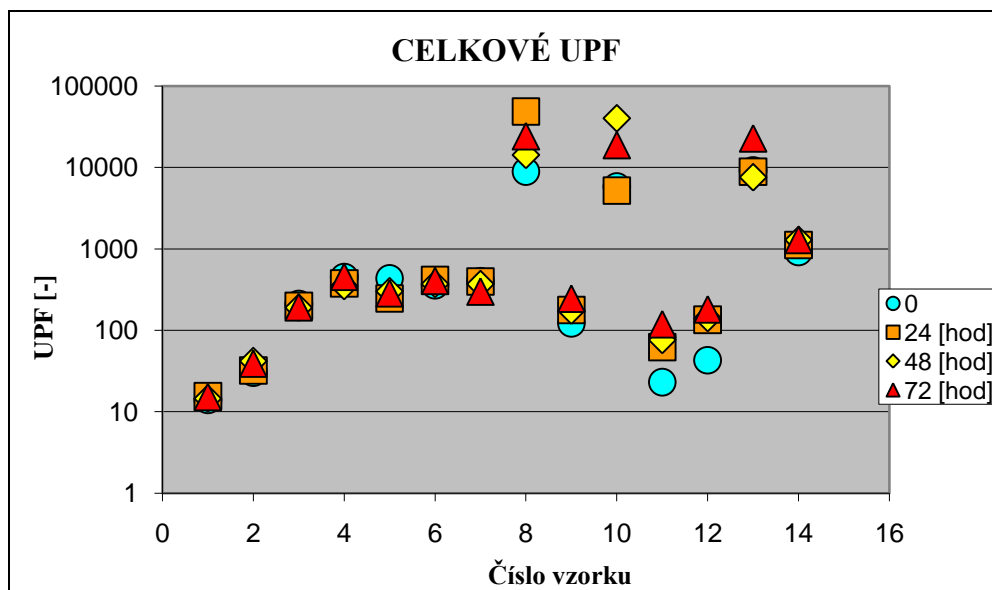
Výše uvedený obr. č. 27 zobrazuje grafické znázornění naměřené transmise na vzorku č. 14. Tento vzorek je potištěn hnědou barvou. Podle vypočítaného UPF faktoru má výbornou ochranu před UV zářením, měřený vzorek má tedy extrémně nízkou propustnost. Tento graf znázorňuje, že naměřené hodnoty UPF se nedají posuzovat, jelikož měřený vzorek je snímán na hranici meze citlivosti senzoru. Z obrázku 27 je z průběhu křivek zřejmé rozkmitání naměřených hodnot, které je dáno driftem senzoru, respektive nízkým odstupem signálu okolního šumu.

Proto není vhodné snímat vzorky extrémně nepropustné, které mají vysoké UPF a tedy výbornou UV ochranu.

Na níže uvedeném obrázku č. 28 je graficky znázorněno všech 14 vzorků a jejich vypočítaný UPF faktor před osvětlením a po působení UV záření po dobu 24 hod, 48 hod a 72 hod. Graf znázorňuje rozptyl mezi časovými expozicemi naměřeného a vypočítaného UPF faktoru u každého vzorku.

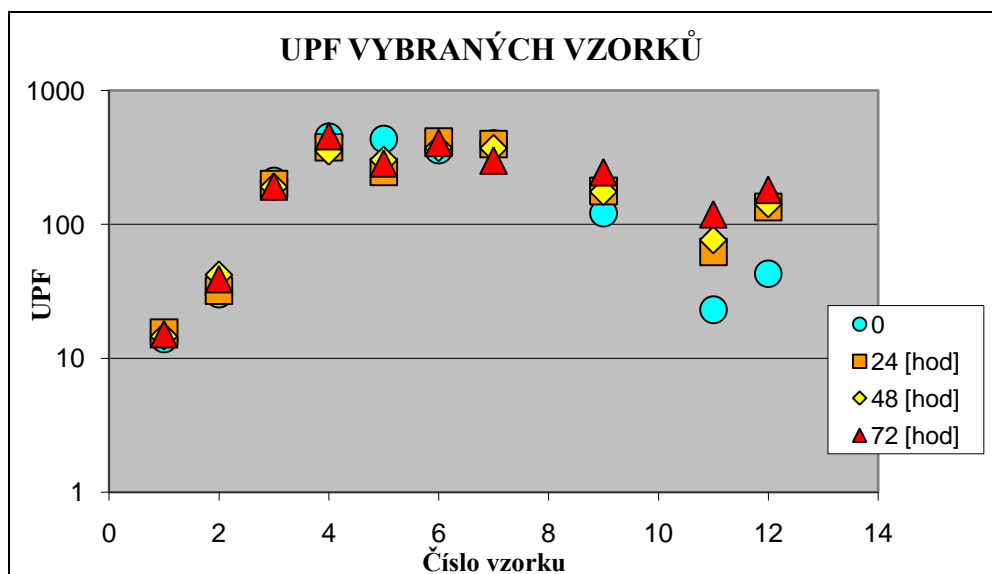
U vzorků číslo 8, 10, 13 a 14 je zřejmé, že jejich UPF faktor je tak vysoký, že tyto vzorky vybočují z řady naměřených hodnot ostatních vzorků. Z tohoto důvodu není vhodné posuzovat UPF faktor, protože při měření dochází k problému při snímání senzoru. Jedním z faktorů vysokého UPF by mohla pravděpodobně být barva těchto materiálů. Jejich barva je černá, dva vzorky jsou v různých odstínech hnědé a jeden v barvě červené. Ostatní měřené vzorky jsou v různých pastelových barvách. Dalším faktorem, který zajišťuje výbornou ochranu, tedy nepropustnost škodlivých UV paprsků na lidskou pokožku může být i vazební provázání pletenin.

V grafu bylo použito na ose y logaritmické měřítko. Toto měřítko bylo použito proto, aby zobrazovaná data byla srozumitelnější, jelikož naměřené hodnoty vykreslené v grafu leží ve velkém rozsahu.



Obr. 28 Grafické znázornění UPF pro všechny vzorky

Níže uvedený obr. č. 29 zobrazuje grafické znázornění stejných hodnot jako v předešlém grafickém zobrazení viz obr. č. 26, s tím rozdílem, že z tohoto grafu byly odebrány naměřené vzorky, které vybočovaly od ostatních vzorků (vzorky č. 8, 10, 13 a 14).



Obr. 29 Grafické znázornění UPF vybraných vzorků

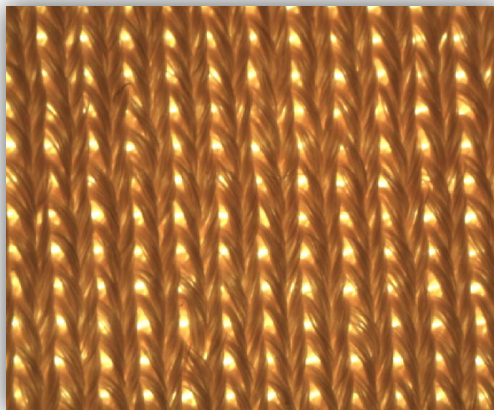
## **8 MĚŘENÍ NEZAPLNĚNÉ PLOCHY POMOCÍ OBRAZOVÉ ANALÝZY - NIS ELEMENTS**

Účelem experimentu realizovaném na obrazové analýze bylo ověřit souvislost mezi totální transmisí a měřením nezaplňené plochy testovaného vzorku. Měření bylo prováděno pomocí obrazové analýzy a následně vyhodnoceno v programu Nis-elements (viz kapitola 5). V tomto programu byla zjišťována nezaplňená plocha zkoumaného objektu.

### **8.1 Základní postup zpracování a rozpoznání obrazu**

#### **1. Snímání (zároveň digitalizace) a uložení obrazu v počítači**

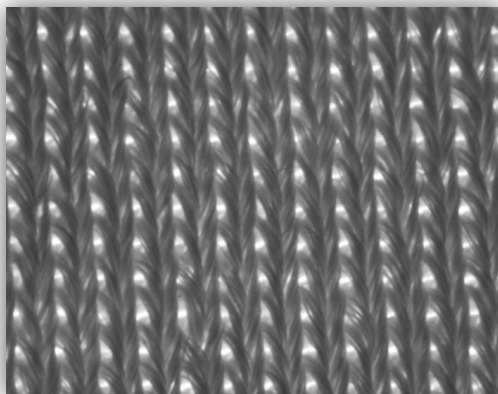
Před začátkem měření je důležité provést kalibraci měřítka, která byla při tomto měření provedena pomocí milimetrového papíru, který byl vložen pod snímací kameru. V menu kalibrace byl nastaven jeden mm, který odpovídá jednomu čtverečku na milimetrovém papíru. Dále byl pod snímací kameru vložen vzorek materiálu, který byl nasnímán v procházejícím světle a zobrazen v programu Nis-elements, kde byl dále upravován viz obr. č. 30.



**Obr. 30 Nasnímaný vzorek**

## **2. Převedení nasnímaného obrazu do šedého obrazu**

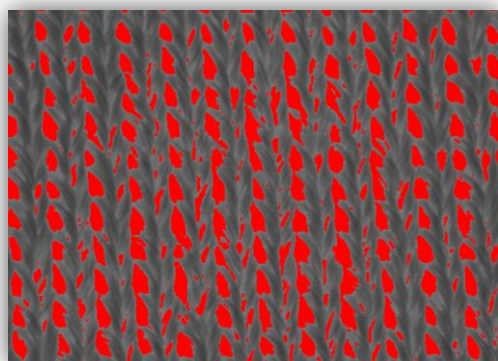
Pro další práci s nasnímaným obrazem je důležité převést zobrazovaný obraz do obrazu šedého viz obr. č. 31.



**Obr. 31 Nasnímaný vzorek převedený do šedého obrazu**

## **3. Prahování**

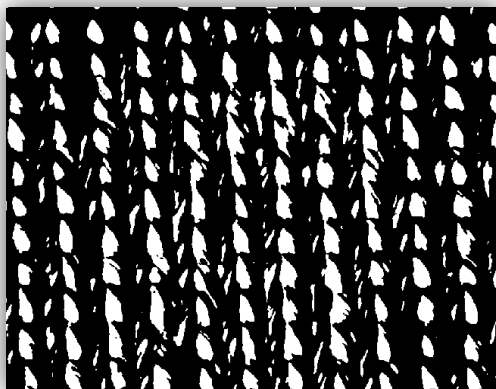
Prahování je jedna z nejdůležitějších fází obrazové analýzy, během které je převáděn šedý obraz na binární (obraz obsahuje pouze dvě barevné hodnoty černou a bílou). Prahování může být buď automatické nebo manuální. Výhoda manuálního prahování spočívá v možnosti kontroly nad celým procesem prahování a tedy maximálně přesným výběrem oblastí, které budou následně podrobeny měření viz obr. č. 32.



**Obr. 32 Naprahovaný vzorek**

#### 4. Převedení do binárního obrazu

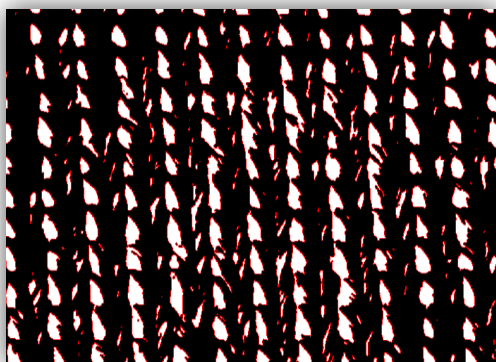
Editace binárního obrazu je poslední fází před fází měření. Aplikací různých filtrů, či jejich kombinací, dochází k závěrečnému přesnému vymezení objektů zájmu viz obr. č. 33.



Obr. 33 Naprahovaný vzorek převedený do binárního obrazu

#### 5. Změření nezaplněné plochy

V menu tohoto programu zvolíme, kterou hodnotu chceme změřit (v tomto případě nezaplněnou plochu). Program si automaticky označí podle binárního obrazu bílé nezaplněné plochy, které budou následně vyhodnoceny viz obr. č. 34



Obr. 34 Znázornění změřené plochy

#### 6. Export dat do textového souboru.

Naměřená data se exportují z programu Nis-elements do textového souboru (MS EXCEL). Tato data jsou exportována se základními statistickými výpočty.

## 9 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

### 9.1 Závislost UPF na nezaplňené ploše

V této části experimentu jsou uvedeny grafické závislosti UPF na nezaplňené ploše jednotlivých vzorků. UPF byl vypočítán z hodnot naměřených na spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC (viz obr. č. 21). Nezaplňená plocha byla získána pomocí snímání vzorků na obrazové analýze a následném vyhodnocení naměřených dat v programu Nis-elements.

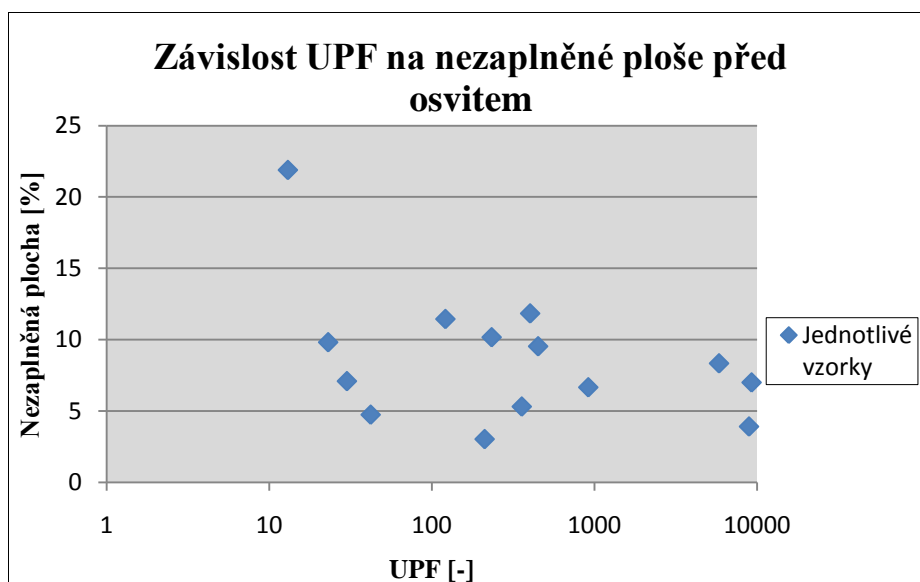
#### 9.1.1 Závislost UPF na nezaplňené ploše při rozdílném prahování

Pro získání reálného odhadu nezaplňené plochy je velmi důležité správně nastavit hodnoty prahu, které vymezují póry a zaplněnou plochu. Při použití metody prahování bylo obtížné stanovit ideální hodnotu prahu, tj. hodnotu intenzity jasu. Jelikož doposud nebyla stanovena přesná metodika optimálního nastavení prahování, bylo nastavení provedeno u každého vzorku odlišně, podle subjektivního posouzení jednoho pozorovatele. Měření bylo opakováno desetkrát. Z takto naměřených hodnot byl vypočítán aritmetický průměr a zjištěné hodnoty byly interpretovány v následující tabulce č. 7.

ROZDÍLNÉ PRAHOVÁNÍ					
PŘED OSVITEM			PO OSVITU (72 hod)		
č. vzorku	UPF [-]	Nezaplňená plocha [%]	č. vzorku	UPF [-]	Nezaplňená plocha [%]
1	13	21,89	1	15	24,324
2	30	7,083	2	39	10,626
3	211	3,017	3	191	3,289
4	450	9,526	4	455	7,726
5	233	10,161	5	285	11,45
6	357	5,3	6	405	8,85
7	402	11,83	7	299	5,18
8	8921	3,9	8	24272	3,32
9	121	11,44	9	244	12,025
10	5836	8,33	10	18880	8,54
11	23	9,81	11	118	10,04
12	42	4,73	12	180	7,94
13	9255	6,99	13	22795	8,205
14	916	6,65	14	1289	11,07

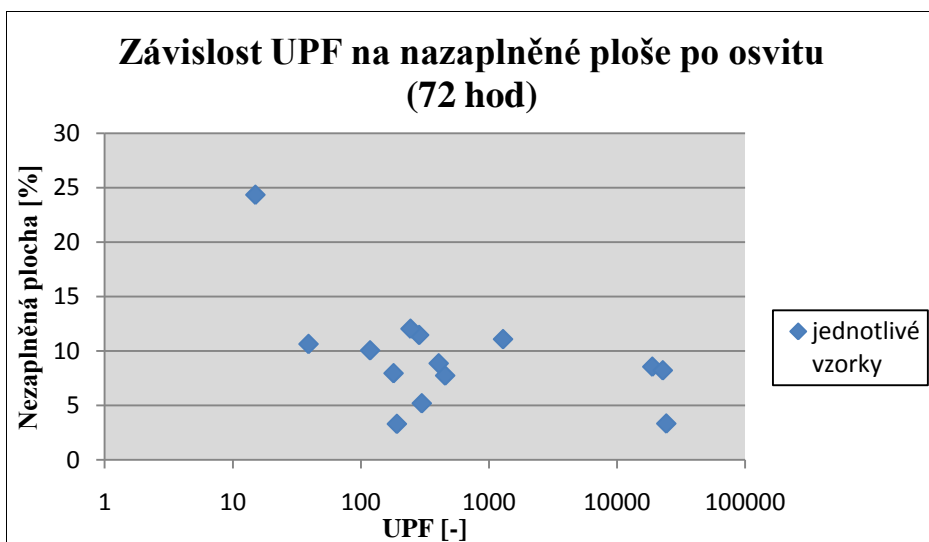
Tabulka 7 Nezaplňená plocha před a po osvitu (72 hod) při rozdílném prahování

Na níže uvedeném obr. č. 35 je znázorněna grafická závislost UPF naměřeného na spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC na nezaplňené ploše, která byla naměřena pomocí obrazové analýzy a vyhodnocena v programu Nis-elements. Měření bylo prováděno před osvitem. Nezaplňená plocha byla měřena při rozdílném prahování.



Obr. 35 Závislost UPF na nezaplňené ploše na vzorcích před osvitom při rozdílném prahování

Na níže uvedeném obr. č. 36 je znázorněna grafická závislost UPF na nezaplňené ploše, která byla měřena při rozdílném prahování, po osvitu (72 hod). Měření bylo realizováno na stejných přístrojích jako při předcházejícím měření před osvitom.



Obr. 36 Závislost UPF na nezaplňené ploše na vzorcích po osvitu (72 hod) při rozdílném prahování

Podle naměřených hodnot uvedených v tabulce 7, ze které vycházejí grafy na obr. č. 35, 36 je patrné, že není vhodné pro tento typ materiálů používat metodu rozdílného prahování. Zjištěná data mezi sebou mají velký rozptyl a nevykazují závislost. Jejich korelace před osvitom i po osvitu je -0,3, tedy nepřímá slabá závislost.

Proto byla navržena druhá metodika měření, a to zjišťování nezaplňené plochy pomocí stejného prahování.

### **9.1.2 Závislost UPF na nezaplňené ploše při stejném prahování**

Vzhledem k tomu, že metoda rozdílného prahování se neověřila jako vhodná pro zjišťování závislosti mezi UPF a nezaplňenou plochou, byla zvolena metoda stejného prahování. Tato metoda byla realizována pomocí zvolené hodnoty prahu na vzorku, který vykazoval nejvyšší porozitu (vzorek č. 2). Horní mez byla nastavena na 137 a dolní mez na 255. Na tomto pevně nastaveném prahování byly změřeny všechny vzorky a byla zjištěna jejich nezaplňená plocha.

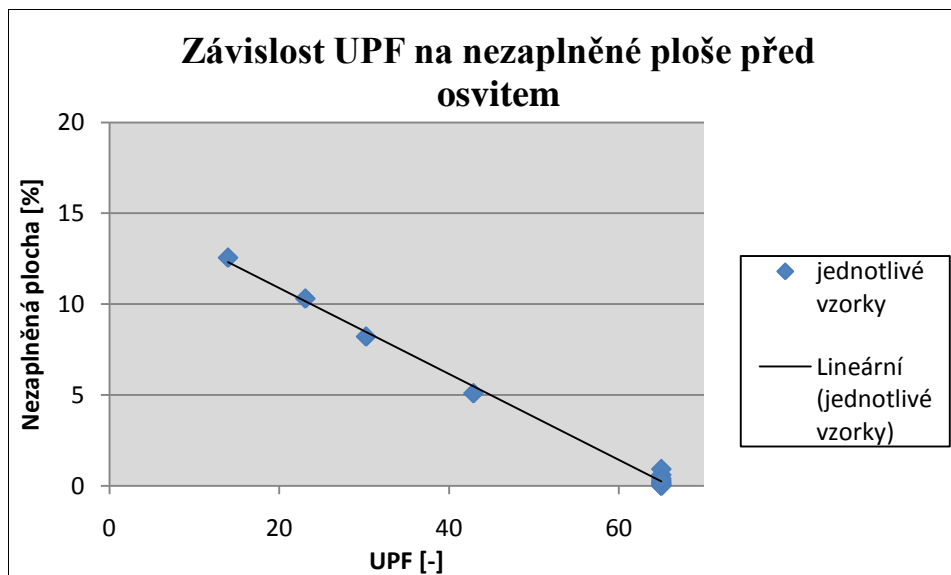
V níže uvedené tabulce č. 8 jsou uvedeny hodnoty UPF a nezaplňená plocha při stejném prahování, měřené před osvitom a po osvitu (72 hod) pro každý vzorek. Všechny hodnoty, které mají UPF vyšší než padesát se v praxi uvádějí jako UPF 50 +, tedy výborná UV ochrana. Z tohoto důvodu byly všechny hodnoty v tabulce vyšší jak padesát označeny tímto způsobem.



METODA STEJNÉHO PRAHOVÁNÍ					
PŘED OSVITEM			PO OSVITU (72 HOD)		
č. vzorku	UPF [-]	Nezaplněná plocha [%]	č. vzorku	UPF [-]	Nezaplněná plocha [%]
1	13,96	12,55	1	15,17	11,85
2	30,22	8,21	2	39,05	6,17
3	50 +	0,6	3	50 +	0,7
4	50 +	0,15	4	50 +	0,25
5	50 +	0,97	5	50 +	0,97
6	50 +	0,4	6	50 +	0,27
7	50 +	0,06	7	50 +	0,12
8	50 +	0	8	50 +	0
9	50 +	0,2	9	50 +	0,18
10	50 +	0,04	10	50 +	0,01
11	23,07	10,3	11	50 +	0,3
12	42,87	5,09	12	50 +	0,29
13	50 +	0,01	13	50 +	0,02
14	50 +	0,3	14	50 +	0,04

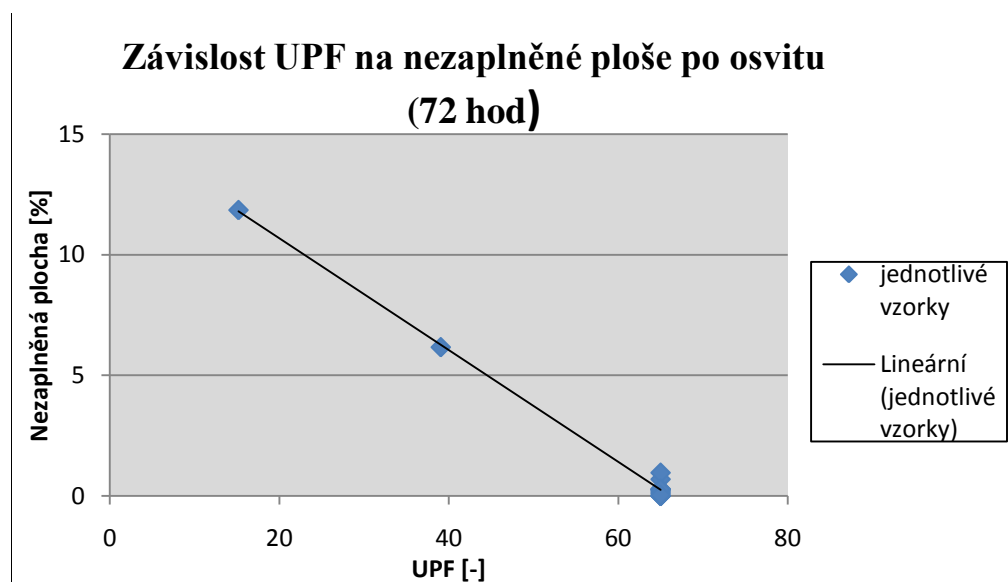
Tabulka 8 UPF a nezaplněná plocha vzorků před osvitem a po osvitě (72 hod) při stejném prahování

Na obr. č. 37 je grafické znázornění závislosti UPF na nezaplněné ploše. Korelace těchto hodnot je -0,99, tedy nepřímá lineární negativní závislost. To znamená, že hodnota jedné proměnné stoupá a druhé klesá.



Obr. 37 Graf závislosti UPF na nezaplněné ploše před osvitem, při stejném prahování

Na obr. 38 je grafické znázornění závislosti UPF na nezaplňené ploše po osvitu (72 hod), která byla měřena metodou stejného prahování. Korelace těchto hodnot je stejná jako u hodnot před osvitem tedy -0,99.



Obr. 38 Graf závislosti UPF na nezaplňené ploše po osvitu (72 hod), při stejném prahování

Metodou stejného prahování bylo zjištěno, že po 72 hodinové expozici UV záření na materiály je UPF faktor vyšší, než před ozářením a nezaplňená plocha je nižší. To je pravděpodobně zapříčiněno tím, že se materiály po působení záření srážejí. Tím vzniká menší nezaplňená plocha, a proto materiálem neprojde takové množství záření. Touto metodou se potvrdil předpoklad hlavního vlivu UPF na nezaplňenou plochu, že čím vyšší je UPF, tím nižší je nezaplňená plocha.

## 9.2 Závislost primární transmise na nezaplňené ploše

V této části experimentu jsou uvedeny grafické závislosti primární transmise na nezaplňené ploše jednotlivých vzorků. Primární transmise byla vypočítána z hodnot naměřených na spektrofotometru SF 600 (viz obr. č. 18). Nezaplňená plocha byla získána pomocí snímání vzorků na obrazové analýze a následném vyhodnocení naměřených dat v programu Nis-elements.

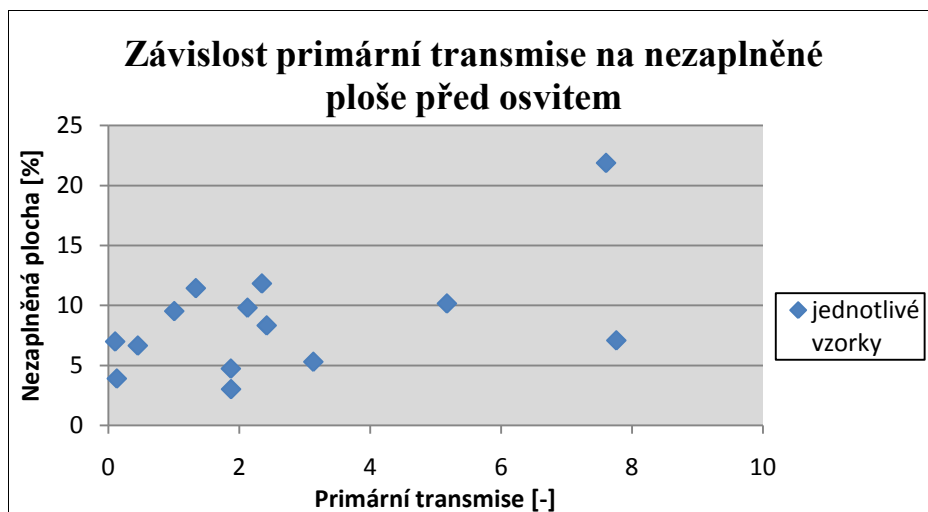
### 9.2.1 Závislost primární transmise na nezaplňené ploše při rozdílném prahování

V níže uvedené tabulce č. 9 jsou znázorněny hodnoty primární transmise a nezaplňené plochy měřené při rozdílném prahování.

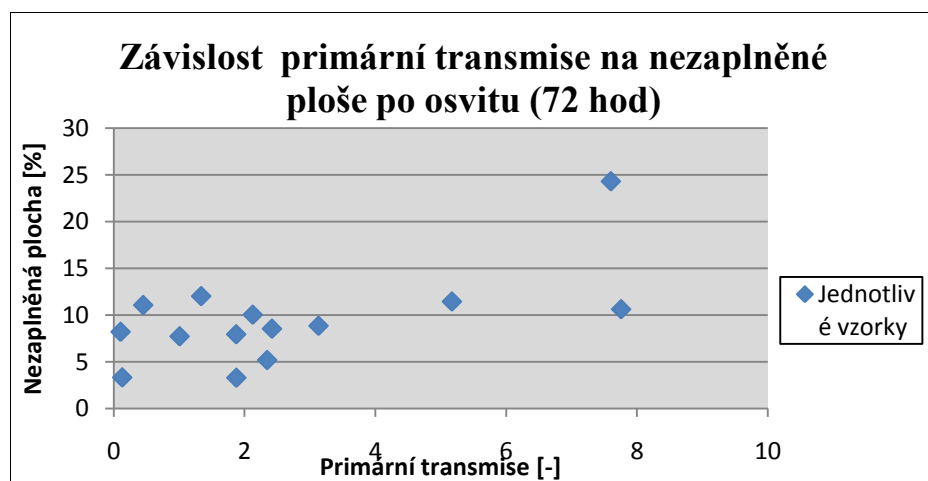
<b>METODA ROZDÍLNÉHO PRAHOVÁNÍ</b>					
<b>PŘED OSVITEM</b>			<b>PO OSVITU (72 hod)</b>		
<b>č. vzorku</b>	<b>Primární transmise [-]</b>	<b>Nezaplňená plocha [%]</b>	<b>č. vzorku</b>	<b>Primární transmise [-]</b>	<b>Nezaplňená plocha [%]</b>
<b>1.</b>	7,60	21,89	<b>1.</b>	8,80	24,324
<b>2.</b>	7,75	7,083	<b>2.</b>	7,95	10,626
<b>3.</b>	1,87	3,017	<b>3.</b>	1,87	3,289
<b>4.</b>	1,00	9,526	<b>4.</b>	1,00	7,726
<b>5.</b>	5,17	10,161	<b>5.</b>	4,17	11,45
<b>6.</b>	3,13	5,3	<b>6.</b>	3,13	8,85
<b>7.</b>	2,34	11,83	<b>7.</b>	2,34	5,18
<b>8.</b>	0,13	3,9	<b>8.</b>	0,13	3,32
<b>9.</b>	1,33	11,44	<b>9.</b>	1,33	12,025
<b>10.</b>	2,42	8,33	<b>10.</b>	2,42	8,54
<b>11.</b>	2,12	9,81	<b>11.</b>	2,12	10,04
<b>12.</b>	1,87	4,73	<b>12.</b>	1,87	7,94
<b>13.</b>	0,10	6,99	<b>13.</b>	0,10	8,205
<b>14.</b>	0,45	6,65	<b>14.</b>	0,45	11,07

**Tabulka 9** Hodnoty primární transmise a nezaplňené plochy před osvitem a po osvitu (72 hod), při rozdílném prahování

Na následujícím obr. č. 39 a 40 je grafické znázornění závislosti primární transmise a nezaplňené plochy před osvitem a po osvitu (72 hod) při rozdílném prahování.



Obr. 39 Závislost primární transmise na nezaplňené ploše před osvitem při rozdílném prahování



Obr. 40 Závislost primární transmise na nezaplňené ploše po osvitu (72hod), při rozdílném prahování

Z grafů vyplývá, že i při měření primární transmise, která se porovnává s nezaplňenou plochou, není vhodné používat rozdílné prahování, jelikož mezi daty je příliš rozdílná variabilita. Korelace těchto dat je 0,5, tedy přímá slabá závislost. Proto byly použity hodnoty nezaplňené plochy změřené při stejném prahování, které se porovnávaly s UPF a byly porovnány také s primární transmisí.

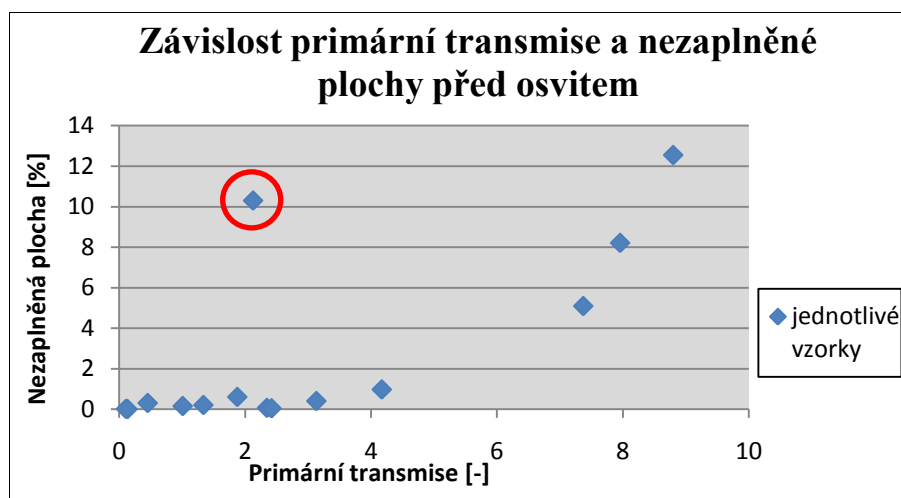
### 9.2.2 Závislost primární transmise na nezaplňené ploše při stejném prahování

V následující tabulce č. 10 jsou uvedeny hodnoty primární transmise, která byla měřena na spektrofotometru SF 600 viz obr.č. 18 a nezaplňené plochy měřené při stejném prahování, před osvitom a po osvitu (72 hod), zjišťované pomocí obrazové analýzy.

METODA STEJNÉHO PRAHOVÁNÍ					
PŘED OSVITEM			PO OSVITU (72 HOD)		
č. vzorku	Primární transmise [-]	Nezaplňená plocha [%]	č. vzorku	Primární transmise [-]	Nezaplňená plocha [%]
1	8,80	12,55	1	8,80	11,85
2	7,95	8,21	2	7,95	6,17
3	1,87	0,6	3	1,87	0,7
4	1,00	0,15	4	1,00	0,25
5	4,17	0,97	5	4,17	0,97
6	3,13	0,4	6	3,13	0,27
7	2,34	0,06	7	2,34	0,12
8	0,13	0	8	0,13	0
9	1,33	0,2	9	1,33	0,18
10	2,42	0,04	10	2,42	0,01
11	2,12	10,3	11	2,12	0,3
12	7,37	5,09	12	1,87	0,29
13	0,10	0,01	13	0,10	0,02
14	0,45	0,3	14	0,45	0,04

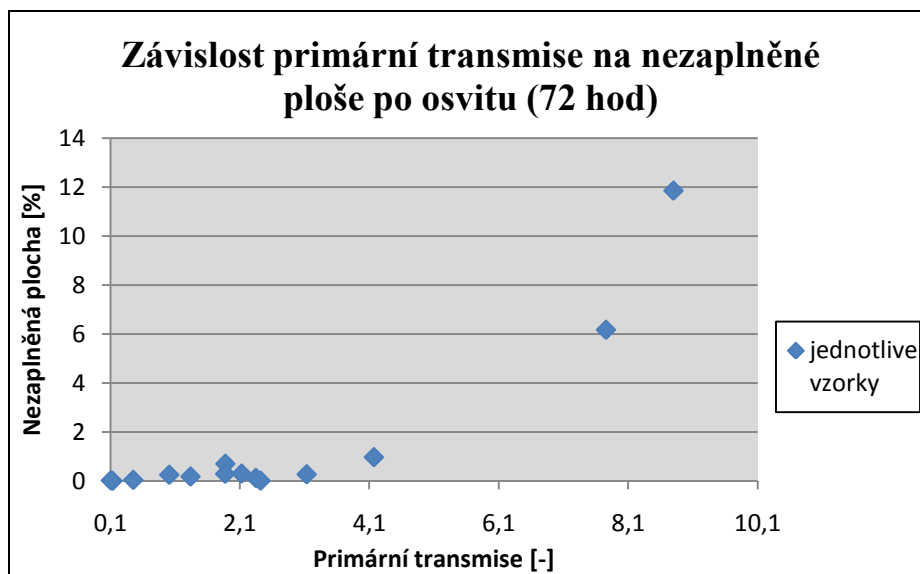
Tabulka 10 Primární transmise a nezaplňená plocha před osvitom a po osvitu (72 hod) při stejném prahování

Na níže uvedeném obr. 41 je grafické znázornění závislosti primární transmise a nezaplňené plochy před osvitom, které bylo zjišťováno metodou stejného prahování.



Obr. 41 Grafické znázornění závislosti primární transmise a nezaplňené plochy před osvitom, metodou stejného prahování

Na obr. č. 42 je znázorněn graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše po osvitu (72 hod), zjišťované metodou stejného prahování.



Obr. 42 Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše po osvitu (72 hod), metodou stejného prahování

Z grafického znázornění na obr. č. 41 je patrné, že vzorek č. 11 (v grafu označený červeným kroužkem), vybočuje svými hodnotami od hodnot ostatních vzorků. Korelace těchto dat je 0,8, tedy přímá silná pozitivní závislost. Tento soubor dat primární transmise a nezaplňené plochy byl ještě dále upraven. Z těchto hodnot byly odebrány vzorky tmavých barev (černá, hnědá) a vzorek bílé barvy (vzorky č. 3, 8, 11, 13, 14), zbyly pouze vzorky pastelových barev, na kterých bylo znovu provedeno porovnání primární transmise a nezaplňené plochy.

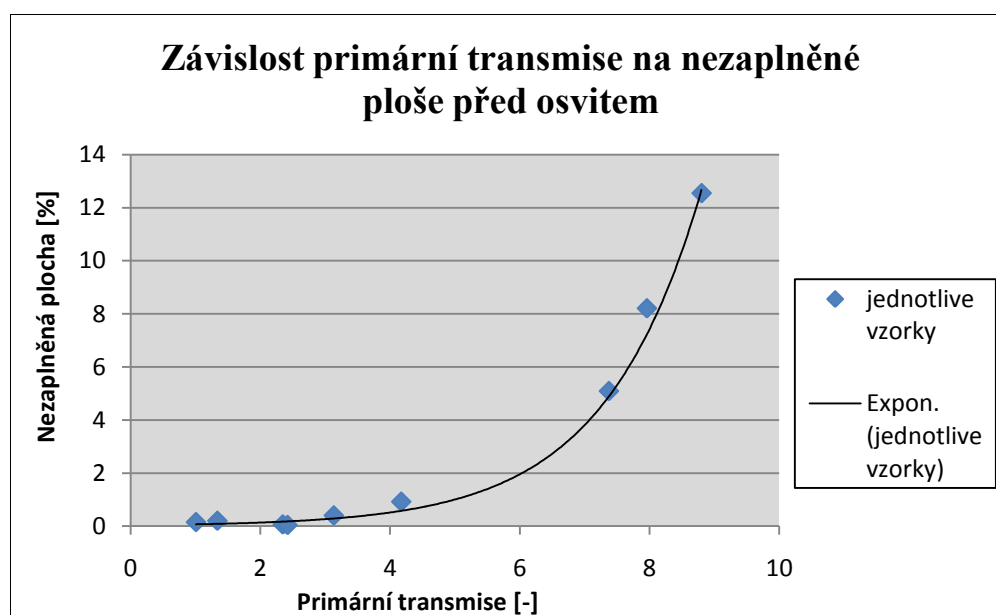
### 9.2.3 Závislost primární transmise na nezaplňené ploše při stejném prahování u vybraných vzorků pastelových barev

V následující tabulce č. 11 jsou uvedeny hodnoty primární transmise a nezaplňené plochy před osvitom a po osvit (72 hod), získané metodou stejného prahování u vybraných vzorků pastelových barev.

METODA STEJNÉHO PRAHOVÁNÍ					
PŘED OSVITEM			PO OSVITU (72 HOD)		
č. vzorku	Primární transmise [-]	Nezaplňená plocha [%]	č. vzorku	Primární transmise [-]	Nezaplňená plocha [%]
1	8,80	12,55	1	8,80	11,85
2	7,95	8,21	2	7,95	6,17
4	1,00	0,15	4	1,00	0,25
5	4,17	0,92	5	4,17	0,97
6	3,13	0,4	6	3,13	0,27
7	2,34	0,06	7	2,34	0,12
9	1,33	0,2	9	1,33	0,18
10	2,42	0,04	10	2,42	0,01
12	7,37	5,09	12	1,87	0,29

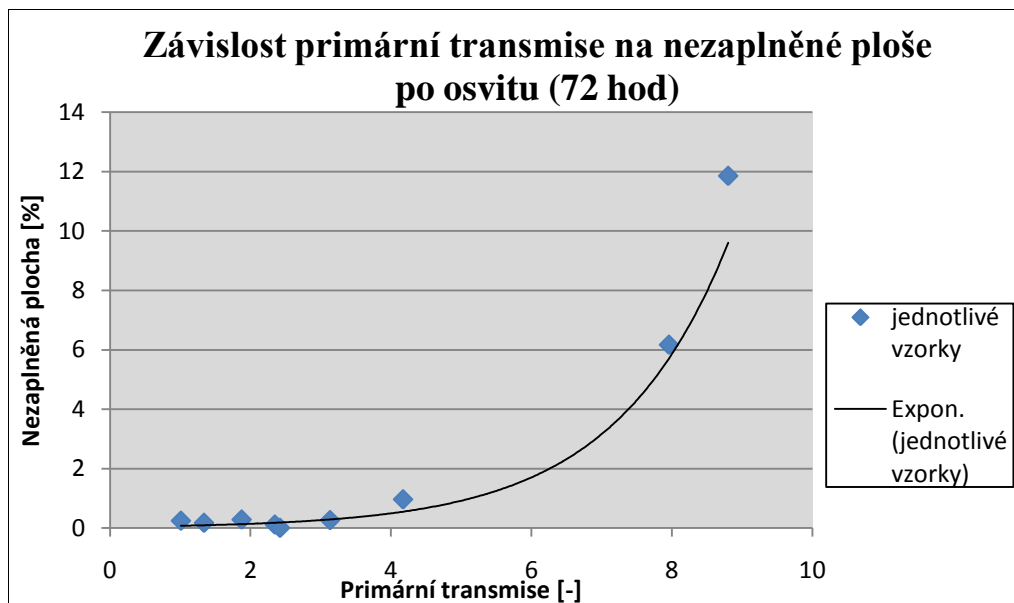
Tabulka 11 Primární transmise a nezaplňená plocha před osvitom a po osvit (72 hod), při stejném prahování u vybraných materiálů pastelových barev

Na obr. č. 43 je znázorněna grafická závislost primární transmise a nezaplňené plochy před osvitom, měřená metodou stejného prahování u vybraných vzorků pastelových barev.



Obr. 43 Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše před osvitom, při stejném prahování u vybraných vzorků pastelových barev

Na obr. č. 44 je znázorněna grafická závislost primární transmise a nezaplňené plochy po osvitě (72 hod), měřená metodou stejného prahování u vybraných vzorků pastelových barev.



Obr. 44 Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše před osvitě, při stejném prahování u vybraných vzorků pastelových barev

Z grafického znázornění na obr. č. 43 a 44 je zřejmé, že hodnoty zjištěné před osvitě i po osvitě (72 hod) vykazují stejnou závislost, a to exponenciální. Jejich korelace je 0,9, tedy přímá silná závislost pozitivní.

### 9.3 Diskuse

Nezaplňená plocha byla stanovena metodou obrazové analýzy. Tento způsob se zdá být účinný, jelikož vychází z obrazu reálné textilie. Obrazy byly nasnímány pomocí digitální kamery a následně zpracovány v programu Nis-elements. Nejprve byla stanovena metoda rozdílného prahování. Takto naměřené hodnoty se porovnávaly s naměřeným UPF faktorem před osvitě a po osvitě (72 hod). Bylo shledáno, že tato metoda je nevhodná, protože naměřená data mezi sebou mají velkou variabilitu. Korelace mezi souborem těchto dat byla zjištěna jako nepřímá slabá závislost.

Z tohoto důvodu byla navržena druhá metoda získání hodnot nezaplňené plochy pomocí obrazové analýzy. Byla stanovena jedna hodnota prahu podle vzorku, který měl



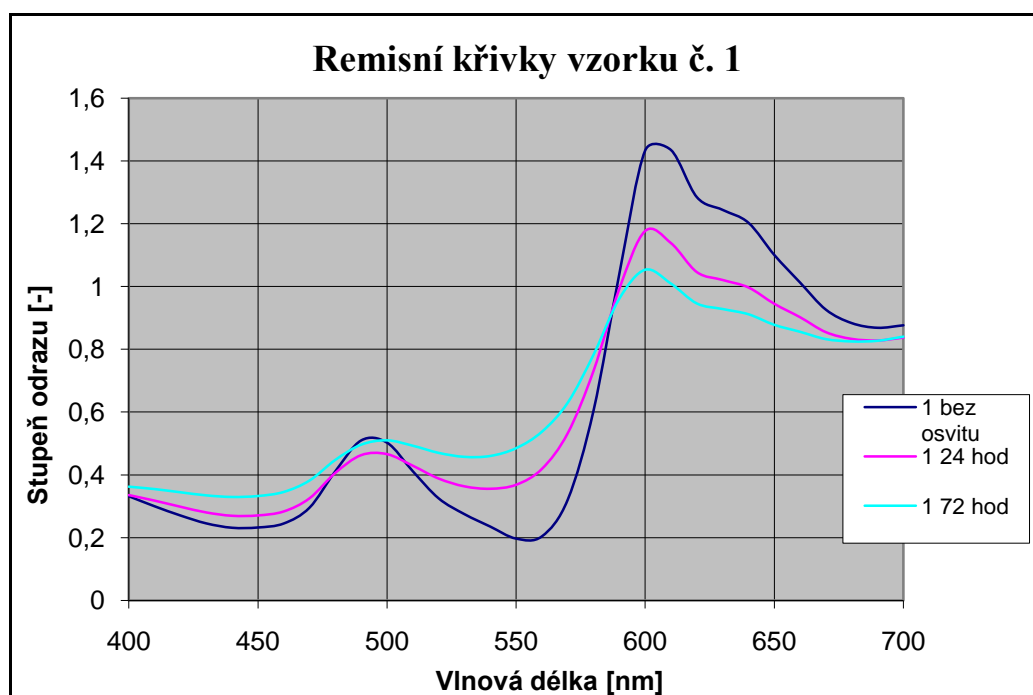
nejvyšší porozitu. Podle tohoto vzorku byly naprahovány i ostatní materiály. Takto zjištěná nezaplňená plocha byla následně znovu porovnána s UPF faktorem před osvitem a po osvitu (72 hod). Jelikož se v praxi hodnoty UPF vyšší než padesát uvádějí jako 50 +, bylo toto označení uplatněno i v tomto experimentu. Porovnáním hodnot bylo určeno, že závislost mezi UPF a nezaplňenou plochou je před osvitem i po osvitu (72 hod) lineární tzn., že hodnoty rovnoměrně klesají. Touto metodou se potvrdil předpoklad hlavního vlivu UPF na nezaplňenou plochu, čím vyšší je UPF, tím nižší je nezaplňená plocha.

Dále byla porovnávána primární transmise a nezaplňená plocha při rozdílném prahování. I v tomto případě bylo shledáno, že není vhodné použít metodou rozdílného prahování, jelikož naměřené hodnoty mezi primární transmisí a nezaplňenou plochou mají slabou závislost. Proto se dále s primární transmisí posuzovaly hodnoty nezaplňené plochy, získané metodou stejného prahování. Tím bylo zjištěno, že některé vzorky vybočují z měření od ostatních hodnot. Proto z tohoto měření byly odstraněny všechny vzorky, které byly tmavé barvy a bílý vzorek (vzorky č. 3 černá, 8 hnědá, 11 bílá, 13 černá, 14 hnědá). Do dalšího porovnávání byly použity pouze vzorky pastelových barev. Tím bylo zjištěno, že závislost mezi těmito vzorky je silná, pozitivní. Průběh porovnávaných hodnot je exponenciální.

## 9.4 Světlostálost

V této části experimentu je zjišťována světlostálost, která byla měřena na spektrofotometru SF 600 v rozmezí od 400 do 700 nm viz obr. č. 18.

V následujících grafech je znázorněna závislost mezi vlnovou délkou a stupněm odrazu. Byly vybrány pouze grafy barevného vzorku materiálu (vz. č. 1 oranžový), černého vzorku materiálu (vz. č. 3) a bílého materiálu (vz. č. 11). Grafy ostatních vzorků jsou v příloze č. 2.



Obr. 45 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 1

Na výše uvedeném obr. č. 45 je znázornění remisní křivky vzorku č. 1. Remisní křivka graficky znázorňuje množství záření, které se odráží v jednotlivých vlnových délkách spektra od barevného povrchu. Má-li tato křivka vrchol například v pásmu vlnové délky kolem 520 nm, jde o barvu zelenou, modrá je určena vrcholem křivky v pásmu pod 500 nm atd.

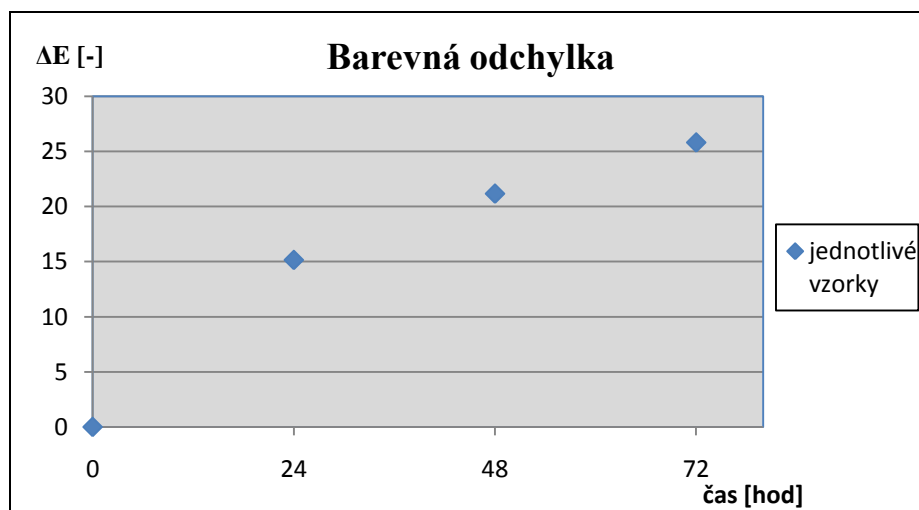
Oranžová barva je v pásmu vlnové délky viditelného spektra od 585 – 620 nm. Na obr. 45 je grafické znázornění remisních křivek před ozáření a po ozáření 24 a 72 hodin. Z grafu je patrné, že vlivem působení UV záření po 72 hodinách je na vlnové délce 600 nm znatelný pokles remise, který je vyvolán rozkladem fluorochromu.

V níže uvedené tabulce č. 12 jsou znázorněny hodnoty barevné odchylky a měrné světlosti, které jsou v grafu na obr. č. 46 a 47 porovnávány na době osvitu UV zářením.

Vzorek č. 1		
Čas [hod]	$\Delta E$ [-]	L[-]
0	0	86,06635
24	15,15548	86,41538
48	21,1724	87,10592
72	25,8198	87,67168

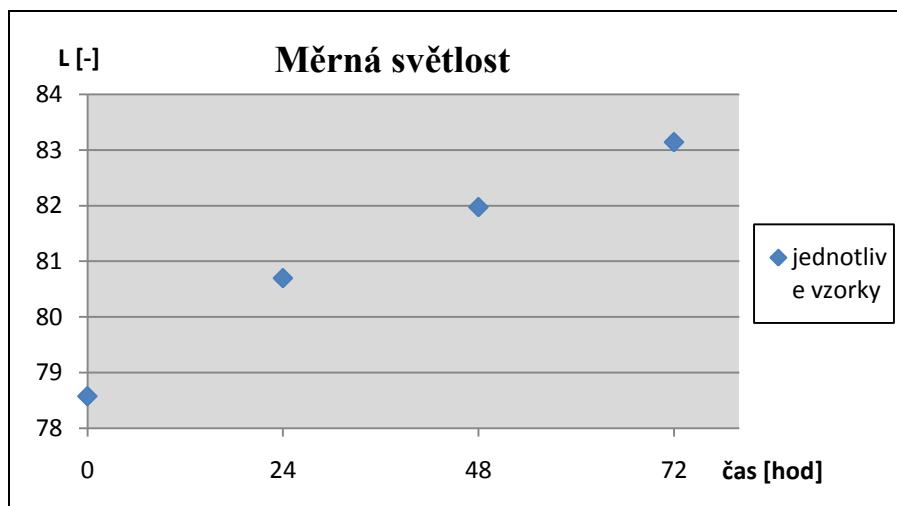
Tabulka 12 Hodnoty barevné odchylky a měrné světlosti (vz. č. 1)

Na obr. č. 46 je znázorněna závislost barevné odchylky na době expozice UV záření. Z grafu vyplývá, že po 24 hodinách UV záření, barevná odchylka výrazně stoupla a to z 0 na 15,2, což můžeme ohodnotit jako velmi výraznou barevnou odchylku. Po dalších hodinách expozice UV zářením se barevná odchylka začíná ustalovat.



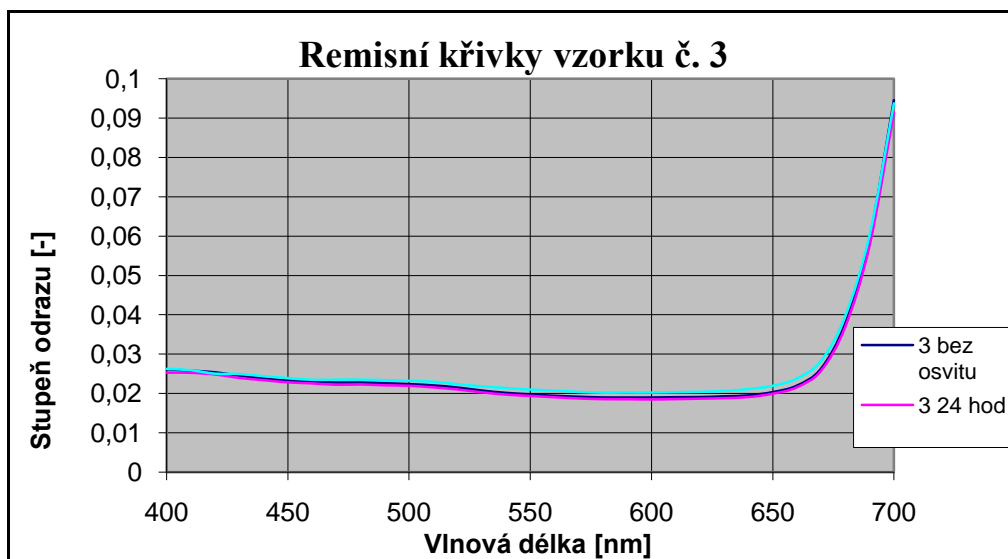
Obr. 46 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 1

Na obr. č. 47 je grafické znázornění závislosti měrné světlosti na době osvitu. Z hodnot uvedených v grafu je zřejmé, že vzorek je vlivem UV záření světlejší a jeho průběh je exponenciální. Po 72 hodinách osvitu se začíná ustalovat.



Obr. 47 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 1

Na obr. č. 48 je grafické znázornění remisních křivek vzorku č. 3, který má černou barvu. Lze říci, že UV záření nemá téměř žádný vliv na tento vzorek, jelikož remisní křivky jsou téměř shodné. Je patrné, že světlostalost tohoto vzorku je výborná oproti vzorku č.1.



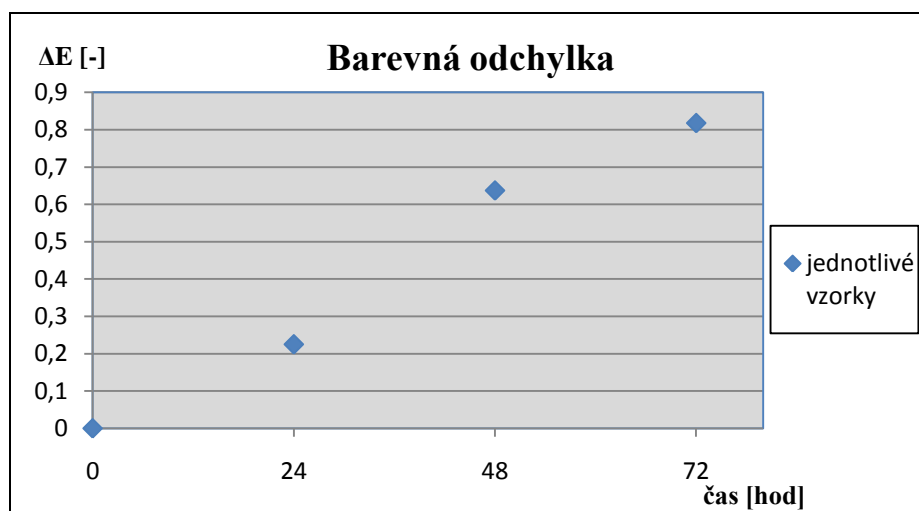
Obr. 48 Grafická závislost vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 3

V následující tabulce 13 jsou uvedeny hodnoty barevné odchylky a měrné světlosti, které jsou dále znázorněny v závislosti na době osvitu UV zářením na obr. č. 49 a 50.

Vzorek č. 3		
Čas [hod]	$\Delta E[-]$	L[-]
0	0	15,69073
24	0,225215	15,76644
48	0,63741	15,92684
72	0,81819	16,27073

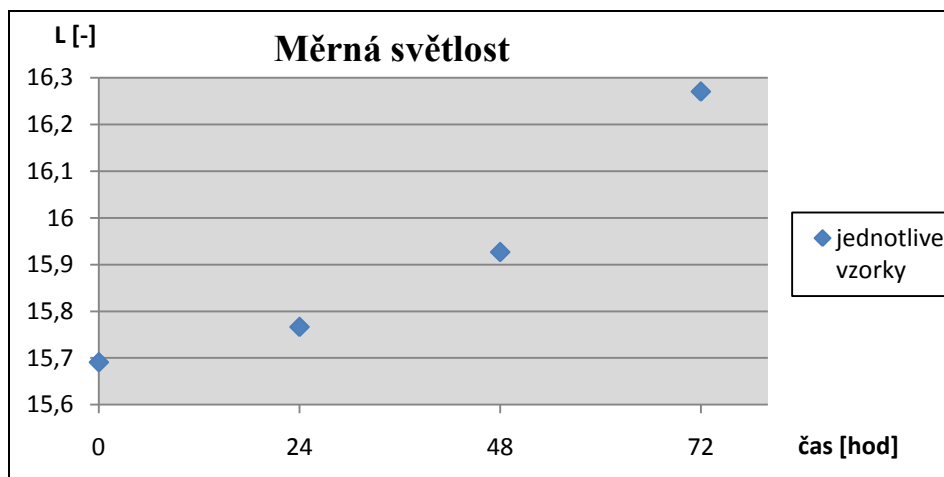
Tabulka 13 Hodnoty barevné odchylky a měrné světlosti (vz. č. 3)

Na obr. č. 49 je grafické znázornění barevné odchylky černého vzorku č. 3. Z grafu je patrné, že se barevná odchylka příliš nezměnila, jelikož rozmezí před osvitem a po osvit (72 hodin) je pouze 0,8. Lidské oko nedokáže rozlišit barevnou odchylku pod 0,4. Lze tedy uvést, že tato barevná odchylka je v intervalu běžně akceptovatelných tolerančních mezí.



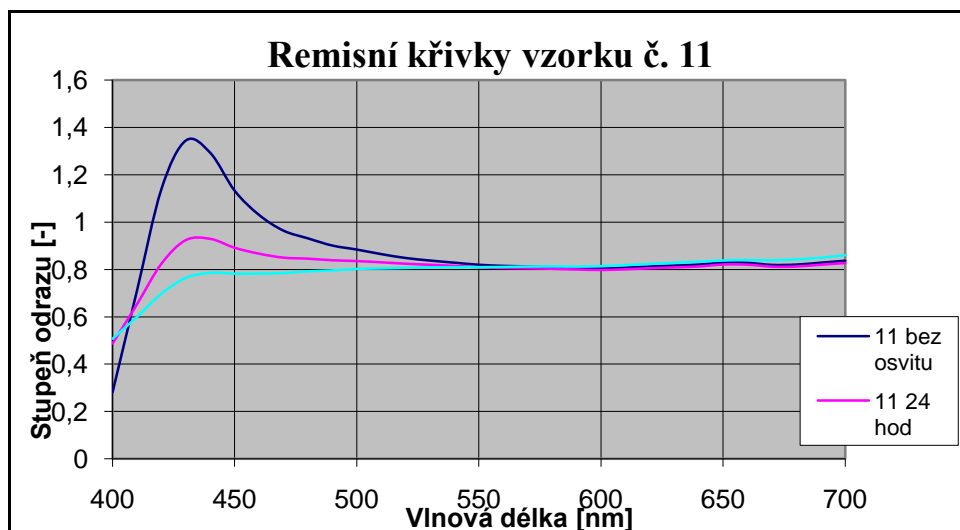
Obr. 49 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvit pro vzorek č. 3

Na obr. č. 50 je grafické znázornění měrné světlosti na době expozice černého vzorku č. 3. Z grafu vyplývá, že po 72 hodinách se měrná světlost zvýšila jen nepatrně.



Obr. 50 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 3

Na obr. č. 51 jsou znázorněny remisní křivky před osvitom a po působení UV záření 24 a 72 hodin na vzorek č. 11, který má bílou barvu.



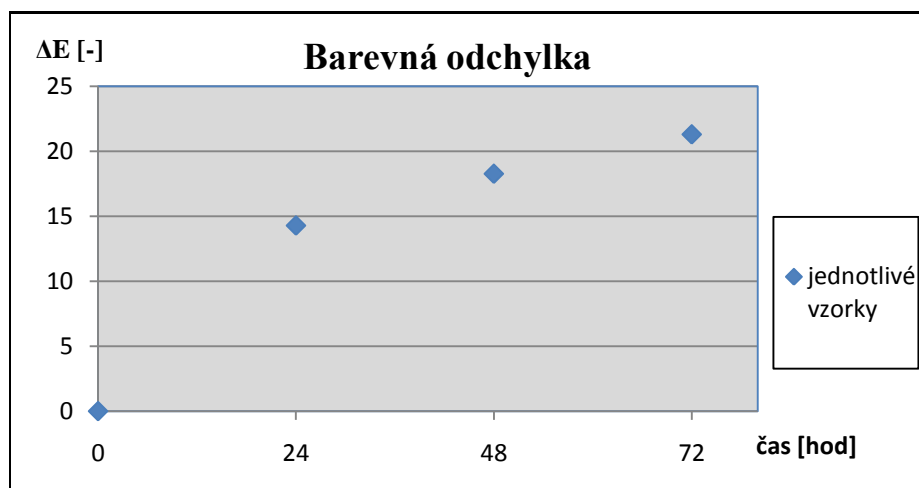
Obr. 51 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 11

V tabulce 14 jsou uvedeny hodnoty barevné odchylky a měrné světlosti pro vzorek č. 11 bílé barvy po aplikaci opticky zjasňujícího prostředku. Z grafické závislosti na obr. 51 je patrná degradace tohoto opticky zjasňujícího prostředku (OZP) již po 24 hodinách expozice.

Vzorek č. 11		
Čas [hod]	$\Delta E[-]$	L[-]
0	0	93,56674
24	14,27145	92,39402
48	18,25261	92,18635
72	21,28251	92,06768

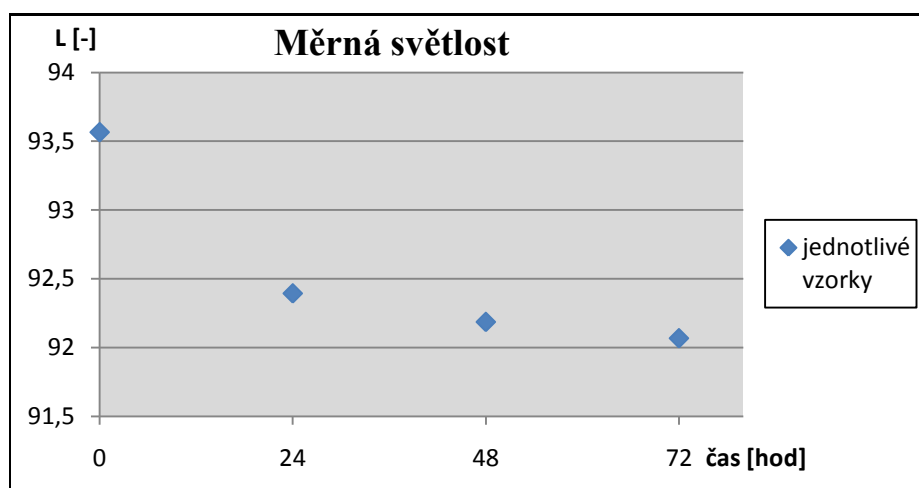
Tabulka 14 Hodnoty barevné odchylky a měrné světlosti (vz. č. 11)

Na obr. č. 52 je grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době expozice UV záření u vzorku č. 11 bílé barvy. Z grafu je patrné, že barevná odchylka po 24 hodinách prudce stoupla, to lze hodnotit jako velmi výraznou barevnou odchylku. Po dalších hodinách expozice UV zářením je znatelné, že se barevná odchylka začíná ustalovat. Jiná závislost než u předchozích vzorků je viditelná pro závislost měrné světlosti  $L^*$ , která naopak klesá s tím, jak degraduje opticky zjasňující prostředek, který vzorku dodává nejen vyšší bělost, ale také vyšší hodnotu měrné světlosti.



Obr. 52 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvětlení pro vzorek č. 11

Na obr. č. 53 je grafické znázornění měrné světlosti na vzorku č. 11 bílé barvy. Z grafu je patrné, že měrná světlost klesá, tedy bílá barva na vzorku žloutne vlivem již výše diskutované degradace OZP.



Obr. 53 Graf závislosti měrné světlosti na době osvětlení pro vzorek č. 11

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo porovnat stálost UPF ochrany vybraných textilií pomocí základních stálostních testů. Materiály, které byly zvoleny pro tento experiment jsou plavkové materiály z pletenin. Bylo vybráno čtrnáct jednobarevných vzorků materiálů s rozdílnými typy barev.

Na těchto materiálech byla nejprve posuzována závislost transmise na vlnových délkách před osvitem a dále, jak se mění po expozici 24 hod, 48 hod a 72 hod UV zářením. Transmise byla měřena na spektrofotometru Shimadzu UV-3101PC v rozmezí 290 – 400 nm. Působení UV záření na vybrané vzorky bylo zjišťováno na expozičním zařízení UVCON. Z takto naměřených hodnot byl vypočítán UPF ochranný faktor, který byl dále posuzován s nezaplňenou plochou vzorků. Nezaplňená plocha byla zjišťována pomocí obrazové analýzy a následně vyhodnocena v programu Nis-elements.

Pro posouzení závislosti UPF na nezaplňené ploše byly vzorky vybraných materiálů nasnímány pomocí obrazové analýzy do programu Nis-elements, kde byla metodikou rozdílného prahování vyhodnocena pro každý materiál jeho nezaplňená plocha. Tato metodika se ovšem ukázala jako nesprávná, jelikož závislost hodnot UPF na nezaplňené ploše vykazuje rozdílnou variabilitu. To bylo pravděpodobně zapříčiněno tím, že prahování bylo posuzováno pouze subjektivně jedním pozorovatelem.

Proto byla navržena jiná metodika pro zjišťování závislosti naměřených hodnot UPF na nezaplňené ploše materiálu, a to metodika stejného prahování. Nejprve byl zvolen materiál, který vykazuje nejvyšší porozitu. Na tomto materiálu byla stanovena hodnota prahu. Podle této hodnoty byly naprahovány i ostatní materiály. U vzorků, na kterých bylo UPF naměřeno vyšší než padesát, byly hodnoty zaznamenávány jako UPF 50 +. Touto metodou bylo zjištěno, že závislost mezi UPF a nezaplňenou plochou je před osvitem i po osvitu (72 hod) lineární, hodnoty tedy rovnoměrně klesají. Tím se potvrdil hlavní předpoklad, že mezi UPF faktorem a nezaplňenou plochou platí nepřímá úměrnost a to, že čím vyšší je UPF tím nižší je nezaplňená plocha materiálu. Toto tvrzení bylo ověřeno porovnáním vazebního provázání textilií s vynikajícím, středním a nízkým UPF. Textilie s nejnižším UPF 13,96 má nejvyšší nezaplňenou plochu 12,5 %, nejnižší celkovou hustotu vazebního provázání  $624/10 \text{ mm}^2$  a nejnižší plošnou hmotnost  $202,2 \text{ g/m}^2$ . Textilie se středním UPF 30,22 má nezaplňenou plochu 8,21 %, celkovou hustotu  $644/10 \text{ mm}^2$  a plošnou hmotnost  $205,2 \text{ g/m}^2$ . Textilie s nejvyšším UPF faktorem



50 + má nejnižší nezaplňenou plochu 0,6 %, a nejvyšší celkovou hustotu 728/10 mm<sup>2</sup> a plošnou hmotnost 219,8 g/m<sup>2</sup>.

Dále byla posuzována závislost primární transmise, která byla měřena na spektrofotometru SF 600 v rozmezí od 400 do 700 nm a nezaplňené plochy zjištěné metodou rozdílného prahování. Bylo zjištěno, že tato metoda je také nevhodná, jelikož data mezi sebou mají slabou závislost a vysokou variabilitu. Proto bylo dále zvoleno posuzování primární transmise s nezaplňenou plochou zjištěné metodou stejného prahování. Z těchto hodnot bylo stanoveno, že některé vzorky ze souboru naměřených hodnot vybočují. Z tohoto důvodu byly tyto vzorky z měření odstraněny. Jednalo se o vzorky bílé, černé a hnědé barvy. Dále byly s primární transmisí posuzovány pouze materiály pastelových barev. Tím bylo zjištěno, že data před osvitem i po osvitu 72 hod mezi sebou mají exponenciální průběh a silnou pozitivní závislost. Bylo tedy zjištěno, že není vhodné posuzovat závislost transmise a nezaplňené plochy u různobarevných materiálů.

Poslední stálостní zkouškou bylo zjišťování světlostálости. Ta byla posuzována na spektrofotometru SF 600 v oblasti viditelného světla v rozmezí od 400 do 700 nm. Na jednotlivých materiálech byly zjišťovány remisní křivky, barevné odchylky a měrná světlost. V práci byly porovnávány pouze grafy oranžového, bílého a černého vzorku, u kterých byl znatelný rozdíl. U barevného materiálu (oranžový) je viditelný pokles remisních křivek v 600 nm vlnové délky, což odpovídá poklesu fluorescence. Jinými slovy dochází zde k rozkladu fluorochromního systému, stejně tak jako v případě OZP u bílého vzorku. Barevné odchylky po působení UV záření výrazně stoupaly, tzn. že barva na vzorku výrazně bledne. U černého materiálu je z grafického znázornění patrné, že vlivem UV záření nejsou lidským okem znatelné velké změny barevného odstínu. U bílého vzorku bylo zjištěno, že vlivem působení UV záření bílá barva na vzorku žloutne.

Jelikož bylo velmi problematické porovnávat UPF ochranný faktor s nezaplňenou plochou na materiálech rozdílných barev, ze kterých musely být v tomto experimentu odstraněny vzorky tmavých barev a vzorek, který měl bílou barvu a měření bylo prováděno pouze na vzorcích pastelových barev, bylo by vhodné pro další výzkum při porovnávání UPF a nezaplňené plochy použít materiály, které mají stejnou barvu a odlišnou vazbu i plošnou hmotnost.

## LITERATURA

- [1] American Society for Testing and Materials. D 4329. 1979. Standard Recommended Practice for Operate Light and Water Apparatus Fluorescent UV Condensation Type For Exposure of Plastics. Philadelphia, USA.
- [2] American Society for Testing and Materials. G 53. 1996. Standard Recommended Practice for Operate Light b and Water Apparatus Fluorescent UV Condensation Type for Exposure of non metallic materials. Philadelphia, USA.
- [3] HRAZDÍRA, I., *Biofyzika : učebnice pro lékařské fakulty*. 2. přeprac. vyd., Praha: Avicenum, 1990. 318 s. ISBN 80-201-0046-6 str. 207)
- [4] Militký, J. *Technické textilie: Vybrané kapitoly*. Liberec : Technická univerzita, 2007. 238 s. ISBN 978-80-7372-170-1
- [5] Navrátil, L., Rosina, J. a kol. *Medicínská biofyzika*. Praha : Grada, 2005. 524 s. ISBN 80-247-1152-4
- [6] Norma ČSN 011718 Měření barev
- [7] Norma ČSN EN 13758 – 1: 2001 + A1: 2006 *Textilie - Ochranné vlastnosti proti UV slunečnímu záření - Část 1: Metoda pro zkoušení oděvních textilií*
- [8] Vik, M., *Základy měření barevnosti I. Díl*. Liberec : Technická univerzita, 1995. 109 s. ISBN 80-7083-162-6
- [9] Viková M., *Kolorimetrie funkčních barviv*. Liberec: Technická univerzita, 2009
- [10] Wagner, J., *Fyzika: Přehled pro textilní fakulty*. Liberec: Technická univerzita, 1989. 373 s. ISBN 80-7083-004-2

## INTERNETOVÉ ZDROJE

- [11] *Datacolor* [online]. 2005 [cit. 2011-05-04]. Dostupné z:  
<http://www.dataservis.com.tr/?s=23>
- [12] *Evisa* [online]. 2010 [cit. 2011-05-04]. Dostupné z:  
<http://www.speciation.net/Database/Instruments/Shimadzu-Europe/UV3101PC-i1302>
- [13] *HunterLab*. [online] 2008, [cit. 2011-02-15]. Dostupné z:  
[http://www.hunterlab.com/appnotes/an07\\_96a.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an07_96a.pdf)
- [14] LAJČÍKOVÁ, Ariana; PEKÁREK, Luděk. *UV záření a jeho vliv na zdraví*, [online]. 2009 [cit. 2011-04-29]. Dostupné z:  
<http://www1.szu.cz/svi/hygiena/archiv/h2009-2-05-full.pdf>
- [15] LUKÁŠ, Jan. *Využití obrazové analýzy* [online]. 2008 [cit. 2011-04-30]. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-69-0.pdf>
- [16] *Melanoma* [online]. 2010 [cit. 2011-04-29]. Dostupné z:  
<http://www.melanoma.cz/ochrana-pred-uv-zarenim>
- [17] Milde, D., *Spektrální metody*, [online] 2008, [cit. 2011-03-21]. Dostupné z:  
<http://ach.upol.cz/user-files/intranet/im-uvod-1284989954.pdf>
- [18] *Nano Finishes for Uv Protection in Textiles* [online]. 2010-09-11 [cit. 2011-04-30]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/41736378/Nano-Finishes-for-Uv-Protection-in-Textiles>
- [19] *Přednášky z předmětu Speciální technika a měření v oděvní výrobě* [online]. 2010 [cit. 2011-04-30]. Obrazová analýza. Dostupné z:  
<http://www.kod.tul.cz/predmety/STE/cviceni/OBRAZOV%C3%81%20ANAL%C3%9DZA1.pdf>
- [20] Reichl, J., Všetická, M.: *Encyklopedie fyziky*, [online] 2011, [cit. 2011-02-09]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/index.php?page=527&sekce=browse>
- [21] Solar radiation. *Solar cells* [online]. 1994, 2, [cit. 2011-04-30]. Dostupný z:  
[http://ocw.tudelft.nl/fileadmin/ocw/courses/SolarCells/res00026/CH2\\_Solar\\_radiation.pdf](http://ocw.tudelft.nl/fileadmin/ocw/courses/SolarCells/res00026/CH2_Solar_radiation.pdf)

- [22] Světlo. *Časopis pro světelnou techniku a osvětlování* [online]. 2002, 03, [cit. 2011-04-29]. Dostupný z:  
[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=22996](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=22996)
- [23] *Tyden* [online]. 05.04.2011 [cit. 2011-04-29]. Ozonová díra nad Arktidou. Dostupné z: <http://www.tyden.cz/rubriky/veda/planeta-zeme/>
- [24] Víková, M., *Přednášky z textilní fyziky*, [online] 2009, [cit. 2011-02-11]. Dostupné z:  
[http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/2.%20Z%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20II.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/2.%20Z%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20II.pdf)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1</b> Oblasti spektra elektromagnetického záření [17] .....	13
<b>Obr. 2</b> Graf spektrální distribuce slunečního záření s ohledem na podíl UV záření.....	22
<b>Obr. 3</b> Transmise, reflexe a absorpce [18] .....	22
<b>Obr. 4</b> Znázornění difusní transmise a) primární transmise b) [8] .....	24
<b>Obr. 5</b> Transmise a reflexe.....	24
<b>Obr. 6</b> Odraz a lom světla na rozhraní .....	24
<b>Obr. 7</b> $E_{\lambda}$ - erytemální spektrální účinnost podle CIE [10] .....	26
<b>Obr. 8</b> $S_{\lambda}$ - spektrální distribuce sluneční energie [10].....	26
<b>Obr. 9</b> Barevný prostor RGB [8].....	28
<b>Obr. 10</b> CIE x, y – chromatický diagram .....	28
<b>Obr. 11</b> Diagram reprezentující barevný prostor CIELAB.....	29
<b>Obr. 12</b> grafické vyjádření barevné odchylky [8] .....	30
<b>Obr. 13</b> Princip obrazové analýzy [19] .....	32
<b>Obr. 14</b> Znázornění naprahování tiskařského síta 60, 80.....	40
<b>Obr. 15</b> Znázornění naprahování tiskařského síta 100, 125.....	40
<b>Obr. 16</b> Znázornění naprahování tiskařského síta 135, 155.....	40
<b>Obr. 17</b> Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše kalibračních sít .....	41
<b>Obr. 18</b> Spektrofotometr SF 600 [11] .....	41
<b>Obr. 19</b> Znázornění difusní a regulární transmise .....	42
<b>Obr. 20</b> Znázornění totální transmise a uspořádání při měření UPF [9].....	42
<b>Obr. 21</b> Spektrofotometr Shimadzu UV-3101PC [12] .....	44
<b>Obr. 22</b> UVCON, Atlas UC-327-2 .....	45
<b>Obr. 23</b> Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 1 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod. ....	46
<b>Obr. 24</b> Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 2 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod. ....	47
<b>Obr. 25</b> Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 5 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod. ....	47
<b>Obr. 26</b> Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 11 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod. ....	48

<b>Obr. 27</b> Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 14 před ozáření a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod. ....	48
<b>Obr. 28</b> Grafické znázornění UPF pro všechny vzorky .....	50
<b>Obr. 29</b> Grafické znázornění UPF vybraných vzorků .....	50
<b>Obr. 30</b> Nasnímaný vzorek .....	51
<b>Obr. 31</b> Nasnímaný vzorek převedený do šedého obrazu.....	52
<b>Obr. 32</b> Naprahovaný vzorek .....	52
<b>Obr. 33</b> Naprahovaný vzorek převedený do binárního obrazu .....	53
<b>Obr. 34</b> Znázornění změřené plochy.....	53
<b>Obr. 35</b> Závislost UPF na nezaplňené ploše na vzorcích před osvitom při rozdílném prahování .....	55
<b>Obr. 36</b> Závislost UPF na nezaplňené ploše na vzorcích po osvitu (72 hod) při rozdílném prahování .....	55
<b>Obr. 37</b> Graf závislosti UPF na nezaplňené ploše před osvitom, při stejném prahování .....	57
<b>Obr. 38</b> Graf závislosti UPF na nezaplňené ploše před osvitom, při stejném prahování .....	58
<b>Obr. 39</b> Závislost primární transmise na nezaplňené ploše před osvitom při rozdílném prahování .....	60
<b>Obr. 40</b> Závislost primární transmise na plošném zakrytí po osvitu (72hod) při rozdílném prahování .....	60
<b>Obr. 41</b> Grafické znázornění závislosti primární transmise a nezaplňené plochy před osvitom, metódou stejného prahování .....	61
<b>Obr. 42</b> Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše po osvitu (72 hod), při stejném prahování.....	62
<b>Obr. 43</b> Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše před osvitom, při stejném prahování vybraných vzorků pastelových barev .....	63
<b>Obr. 44</b> Graf závislosti primární transmise na nezaplňené ploše před osvitom, při stejném prahování u vybraných vzorků pastelových barev .....	64
<b>Obr. 45</b> Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 1	66
<b>Obr. 46</b> Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 1 .....	67
<b>Obr. 47</b> Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 1 .....	68
<b>Obr. 48</b> Grafická závislost vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 3 .....	68

<b>Obr. 49</b> Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 3 .....	69
<b>Obr. 50</b> Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 3 .....	70
<b>Obr. 51</b> Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 11 .....	70
<b>Obr. 52</b> Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 11 .....	71
<b>Obr. 53</b> Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 11 .....	71

## SEZNAM TABULEK

<b>Tabulka 1</b> Rozsah vlnových délek viditelného spektra [5] .....	15
<b>Tabulka 2</b> Doporučené ochranné faktory pro jednotlivé fototypy [14].....	20
<b>Tabulka 3</b> Rozdělení fototypu pokožky .....	21
<b>Tabulka 4</b> Rozdělení a označení UPF podle míry ochrany pokožky [10].....	26
<b>Tabulka 5</b> UPF primární transmise a nezaplňená plocha kalibračních sít.....	39
<b>Tabulka 6</b> UPF všech materiál na začátku, po 24 hod, 48 hod a 72 hod.....	45
<b>Tabulka 7</b> Nezaplňená plocha před a po osvitu (72 hod) při rozdílném prahování .....	54
<b>Tabulka 8</b> UPF a nezaplňená plocha vzorků před osvitom a po osvitu (72 hod) při stejném prahování .....	57
<b>Tabulka 9</b> Závislost primární transmise na plošném zakrytí při rozdílném prahování .	59
<b>Tabulka 10</b> Primární transmise a nezaplňená plocha před osvitom a po osvitu (72 hod) při stejném prahování.....	61
<b>Tabulka 11</b> Primární transmise a nezaplňená plocha před osvitom a po osvitu (72 hod), při stejném prahování u vybraných materiál pastelových barev.....	63
<b>Tabulka 12</b> Hodnoty barevné odchylky a složky jasu (vz. č. 1).....	67
<b>Tabulka 13</b> Hodnoty barevné odchylky a složky jasu (vz. č. 3).....	69
<b>Tabulka 14</b> Hodnoty barevné odchylky a složky jasu (vz. č. 11).....	70

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**PŘÍLOHA Č. 1** - Grafy UPF měřené před osvitem, po 24 hod, 48 hod a 72 hod UV záření.

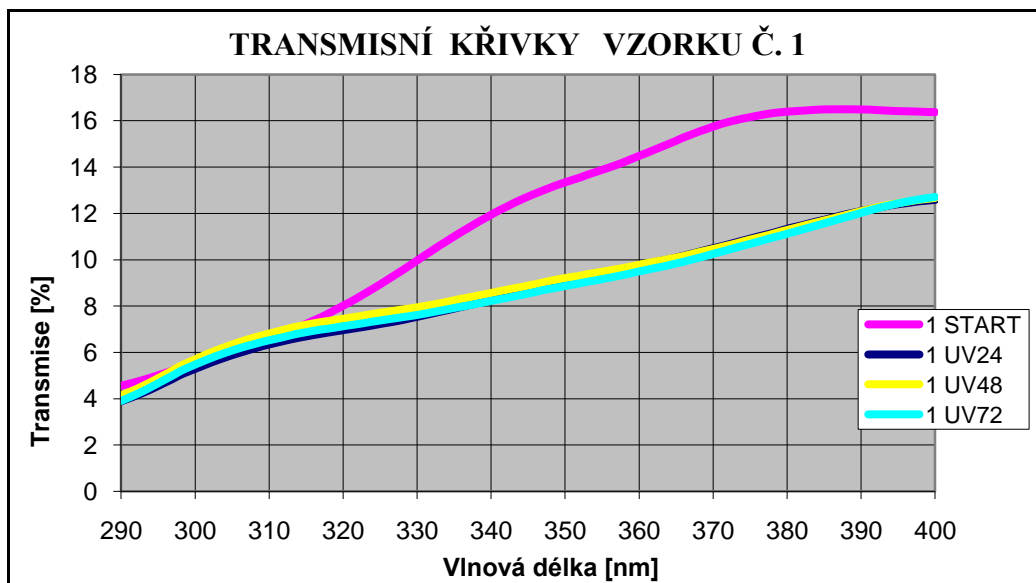
**PŘÍLOHA Č. 2** - Grafy remisních křivek k hodnocení světlostálosti

**PŘÍLOHA Č. 3** - Grafy barevných odchylek a měrné světlosti

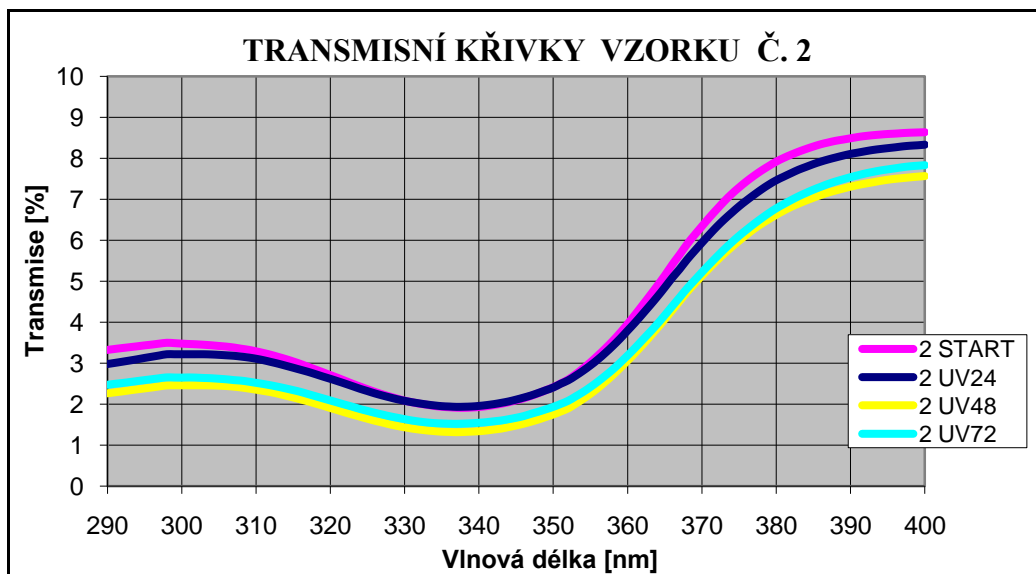


## PŘÍLOHA Č. 1

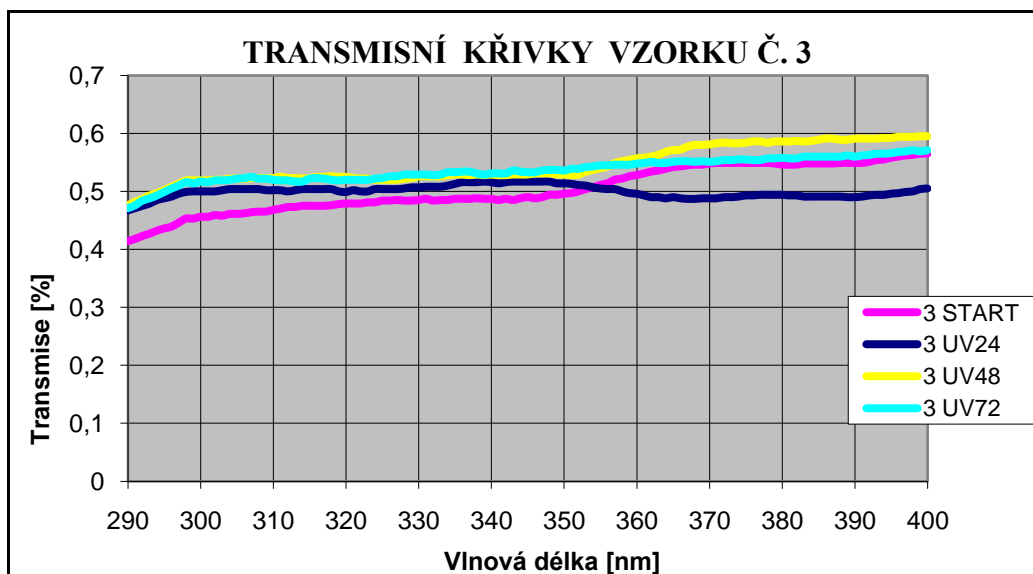
Grafy UPF měřené před osvitem, po 24 hod, 48 hod a 72 hod UV záření.



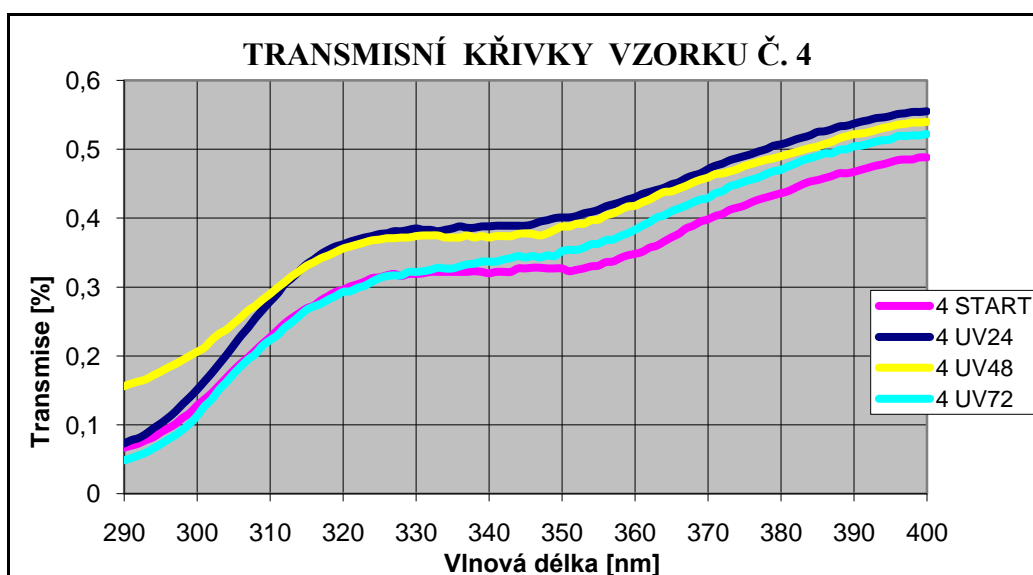
Obr. 1 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 1 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



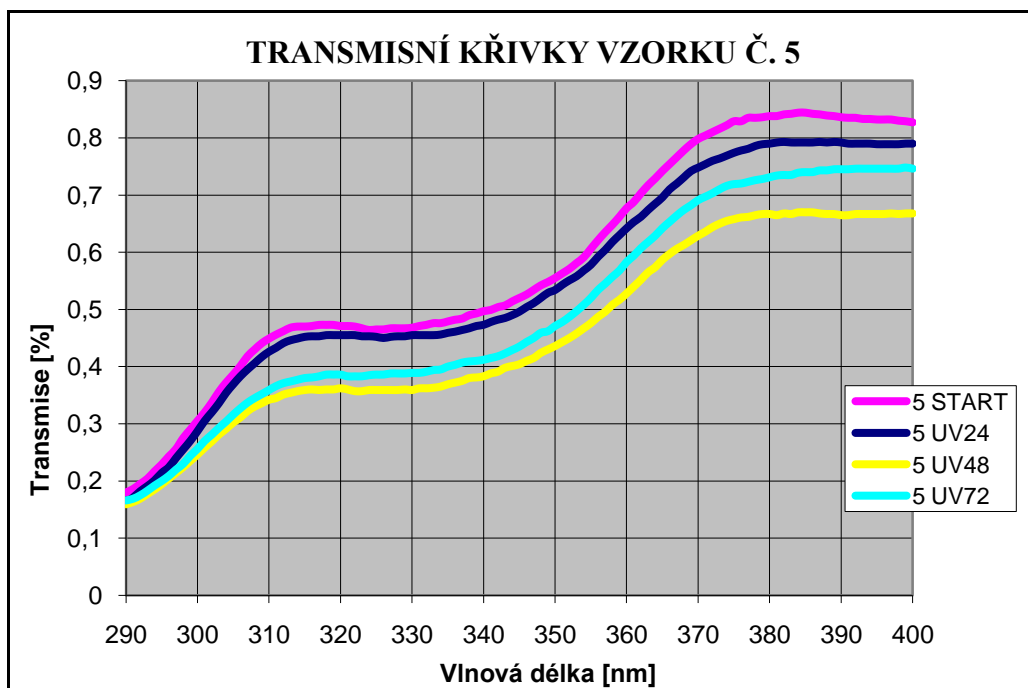
Obr. 2 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 2 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



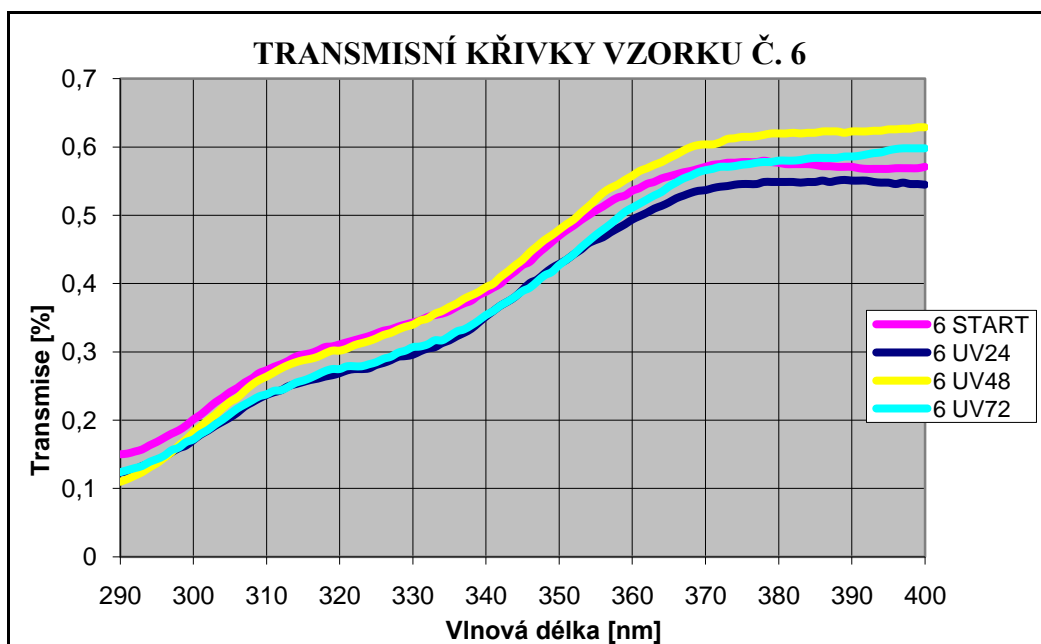
Obr. 3 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 3 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



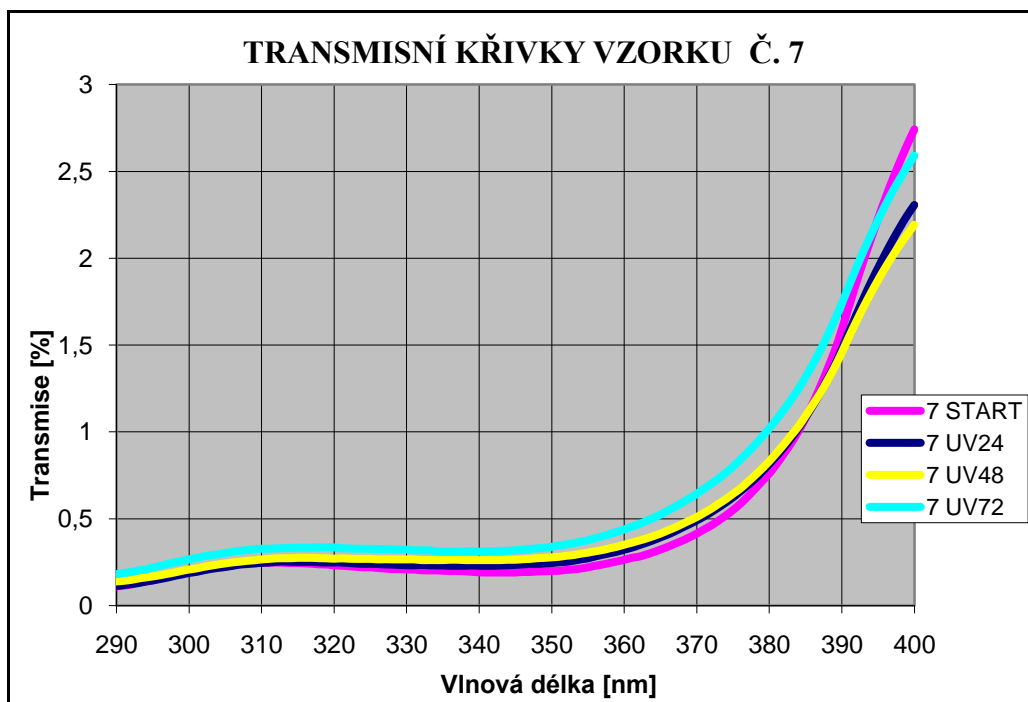
Obr. 4 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 4 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



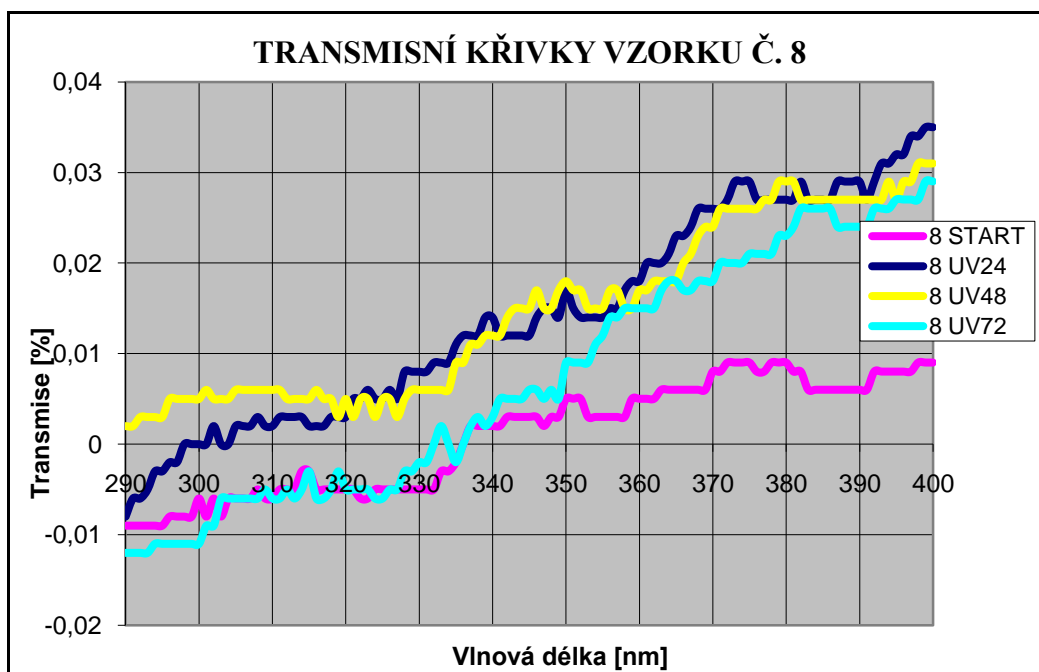
Obr. 5 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 5 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



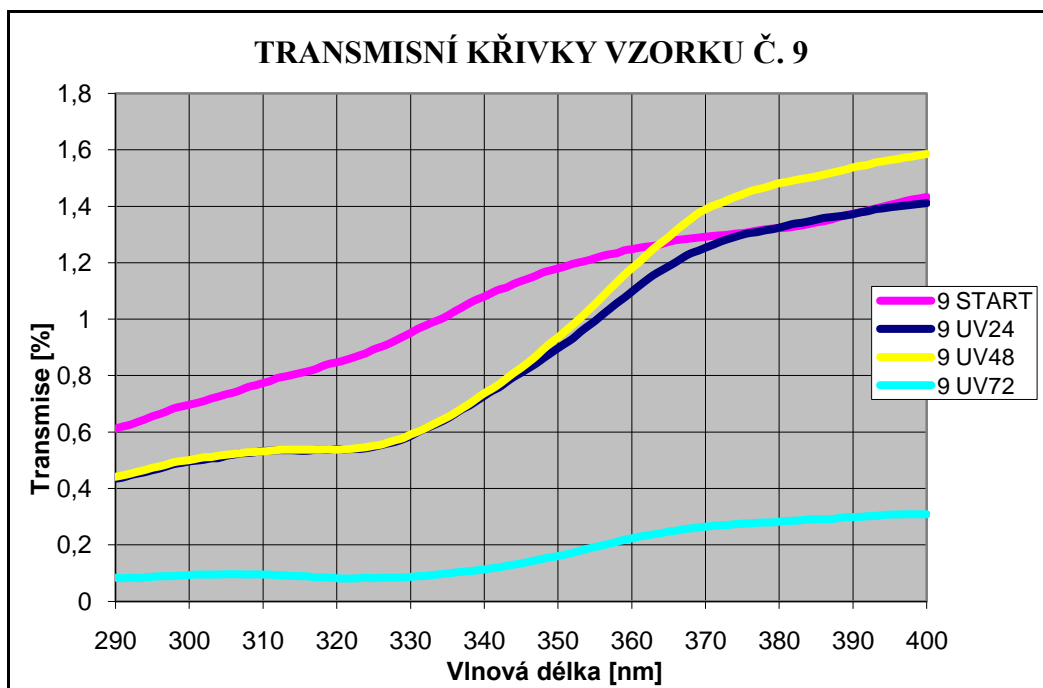
Obr. 6 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 6 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



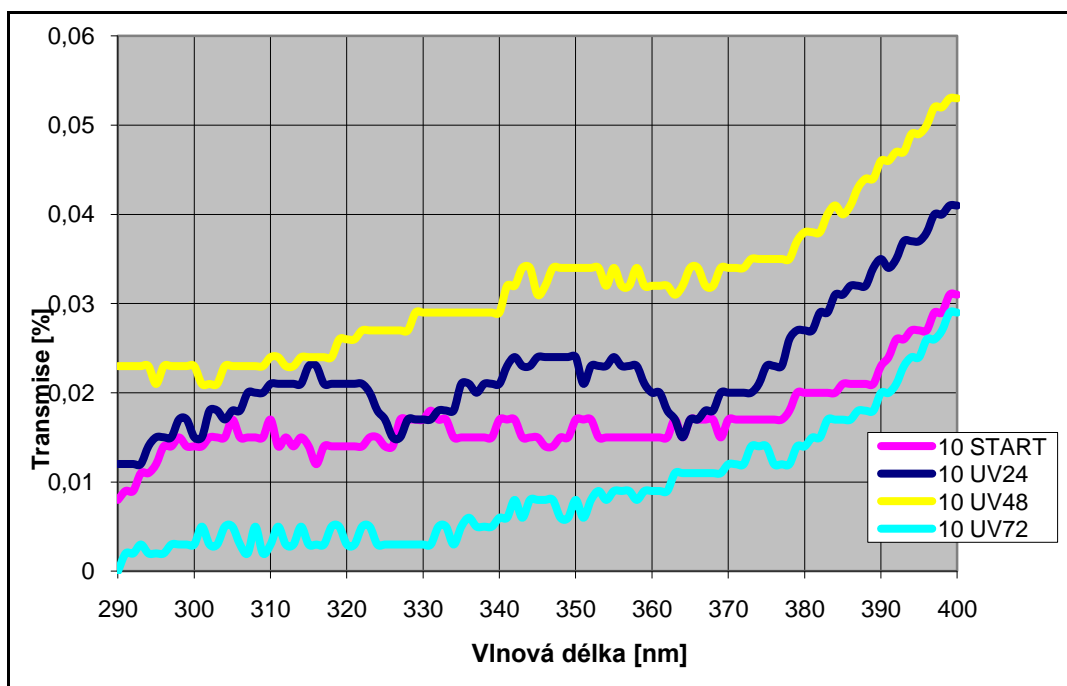
Obr. 7 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 7 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



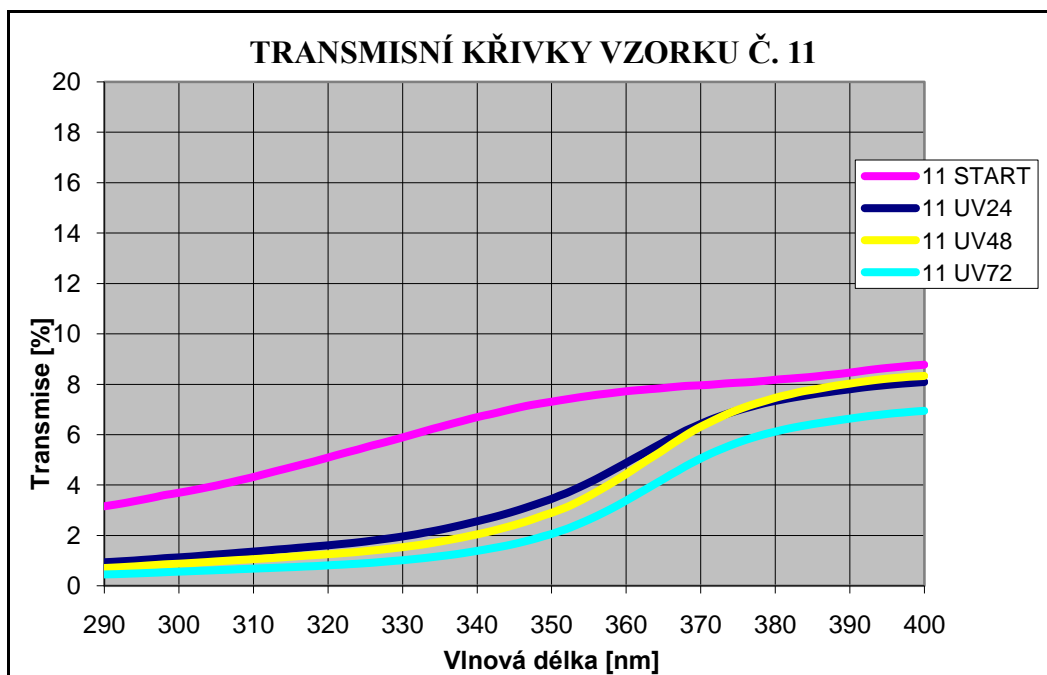
Obr. 8 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 8 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



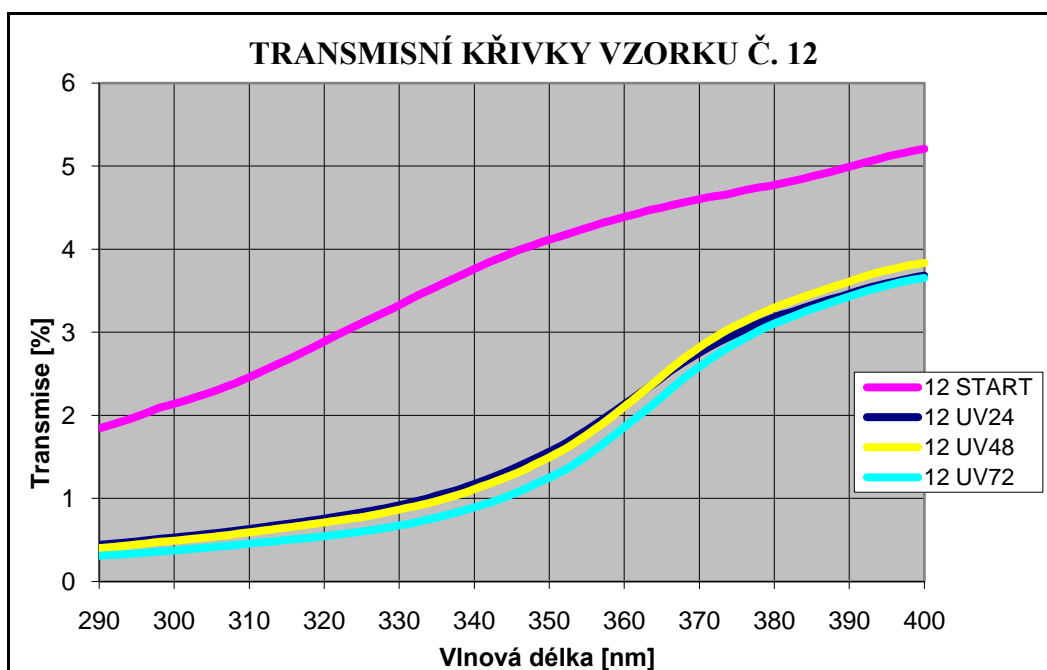
Obr. 9 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 9 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



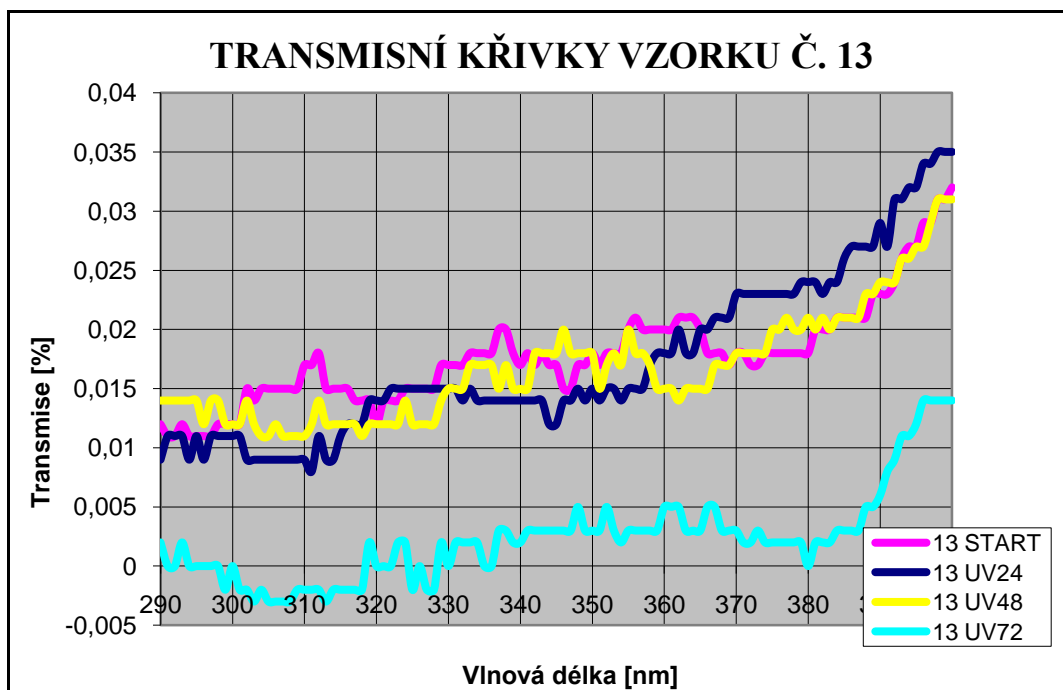
Obr. 10 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 10 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



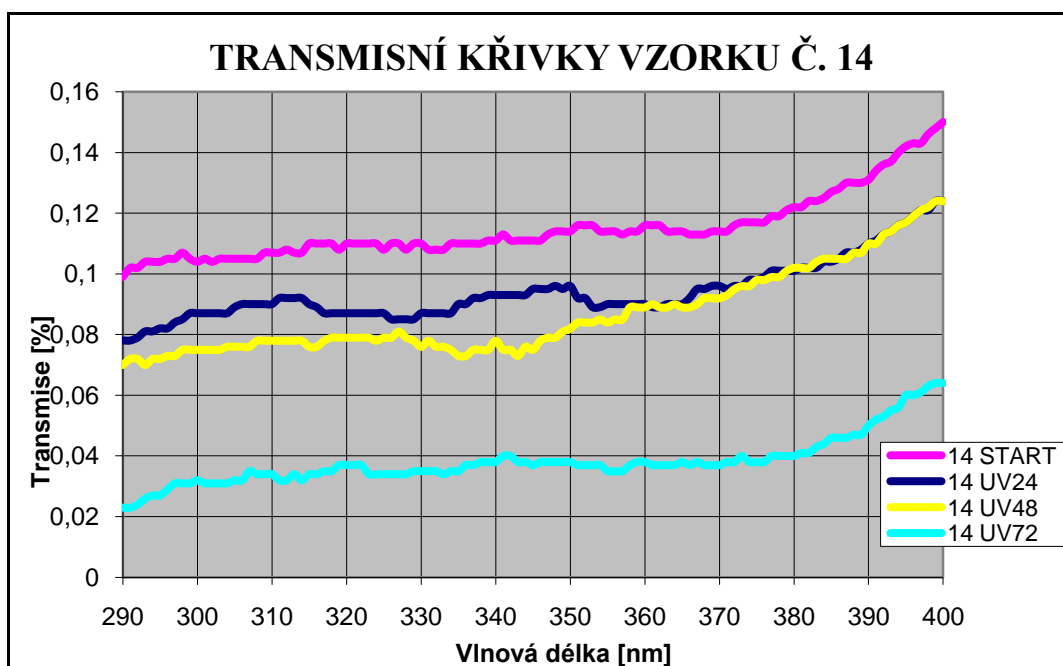
Obr. 11 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 11 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



Obr. 12 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 12 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



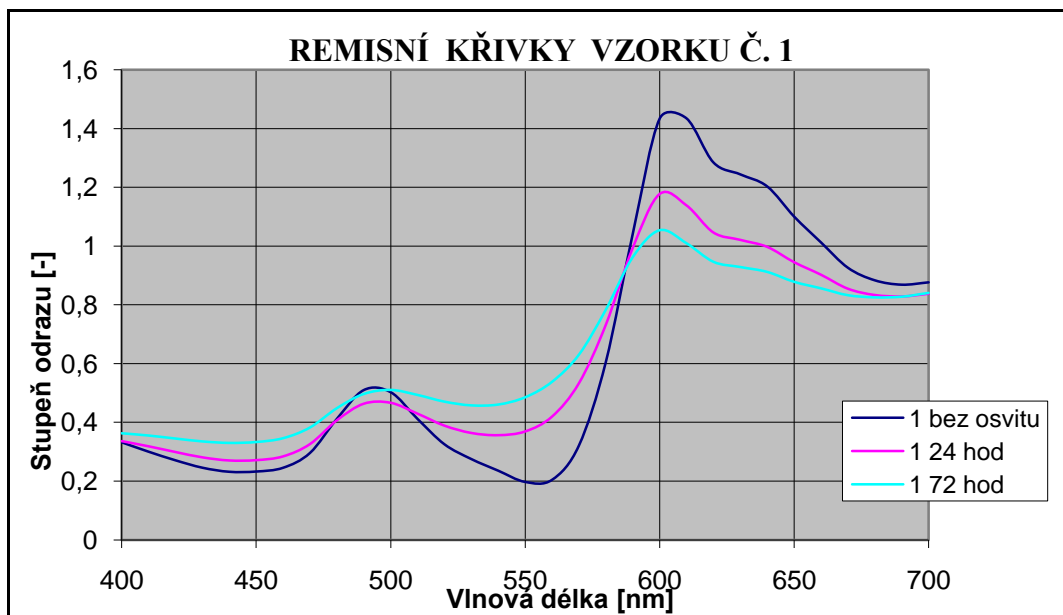
Obr. 13 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 13 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.



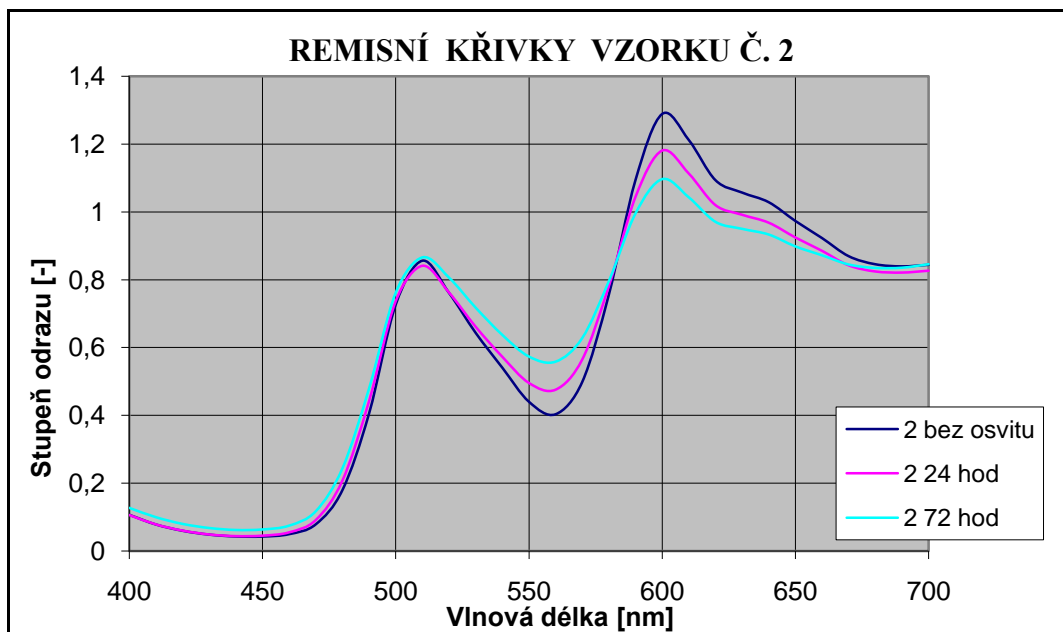
Obr. 14 Grafické znázornění závislosti transmise na vlnové délce vzorku č. 14 před ozářením a po expozici UV záření 24, 48 a 72 hod.

## PŘÍLOHA Č. 2

Grafy remisních křivek k hodnocení světlostálosti

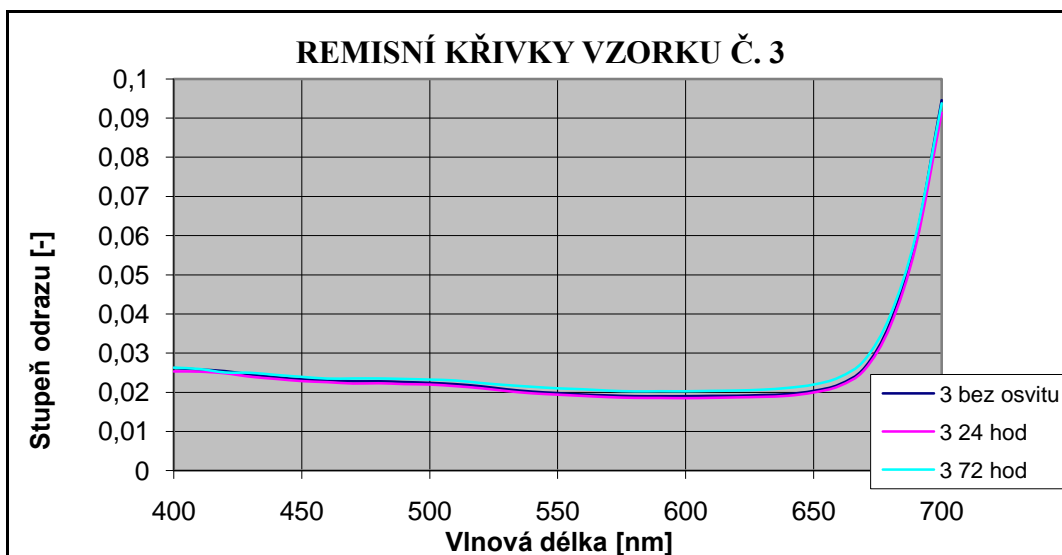


Obr. 15 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 1

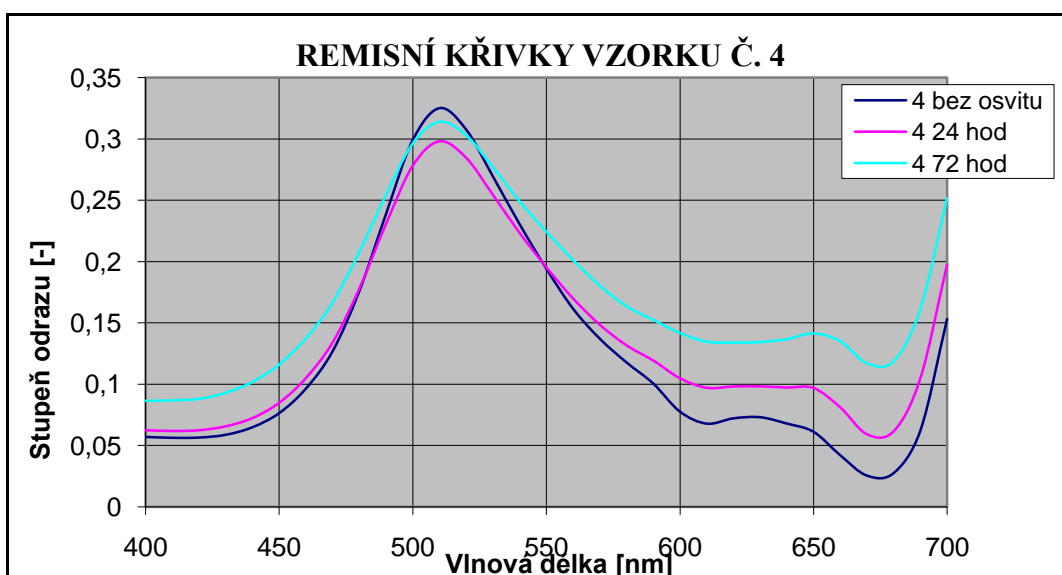


Obr. 16 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 2

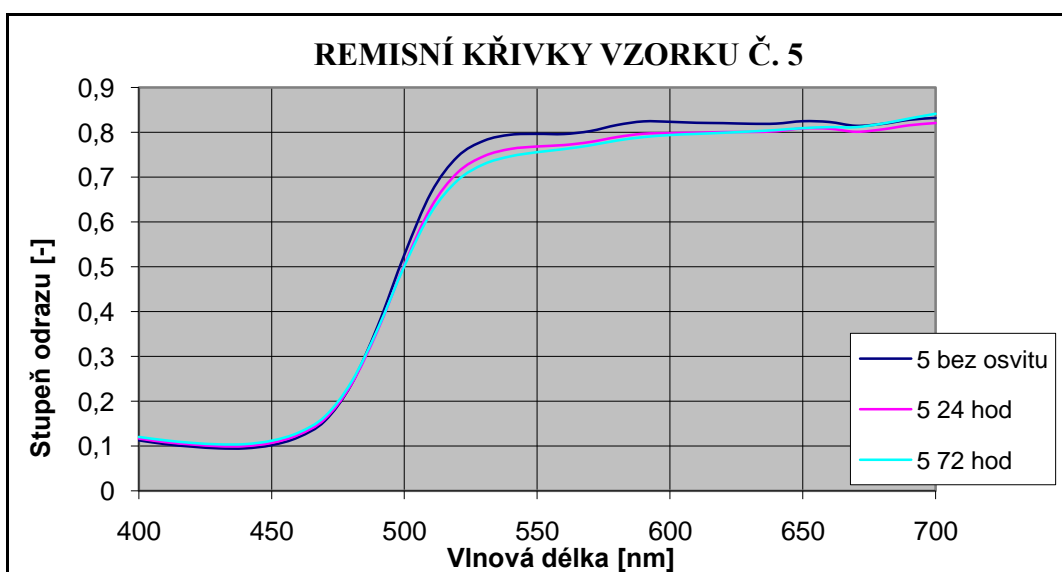




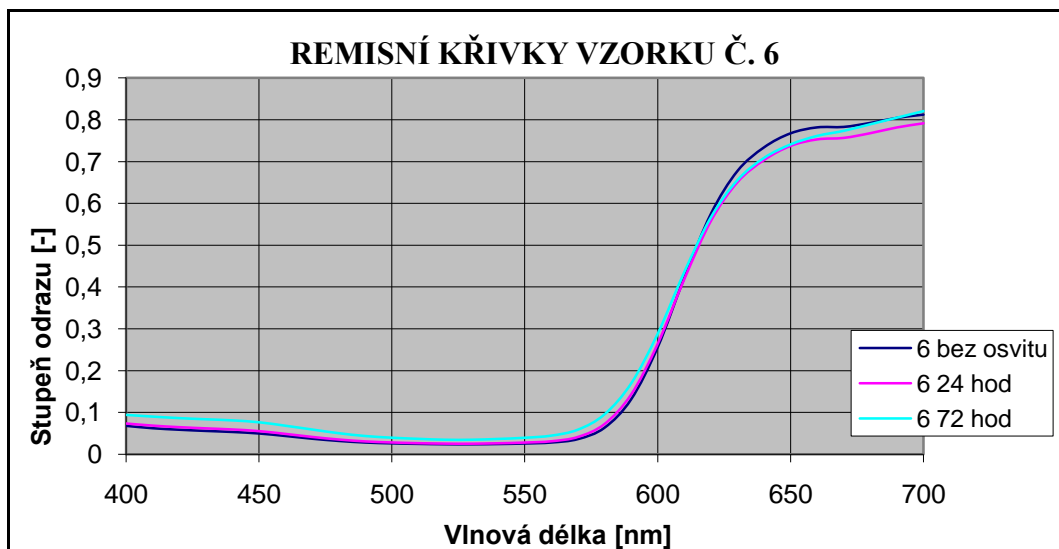
Obr. 17 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 3



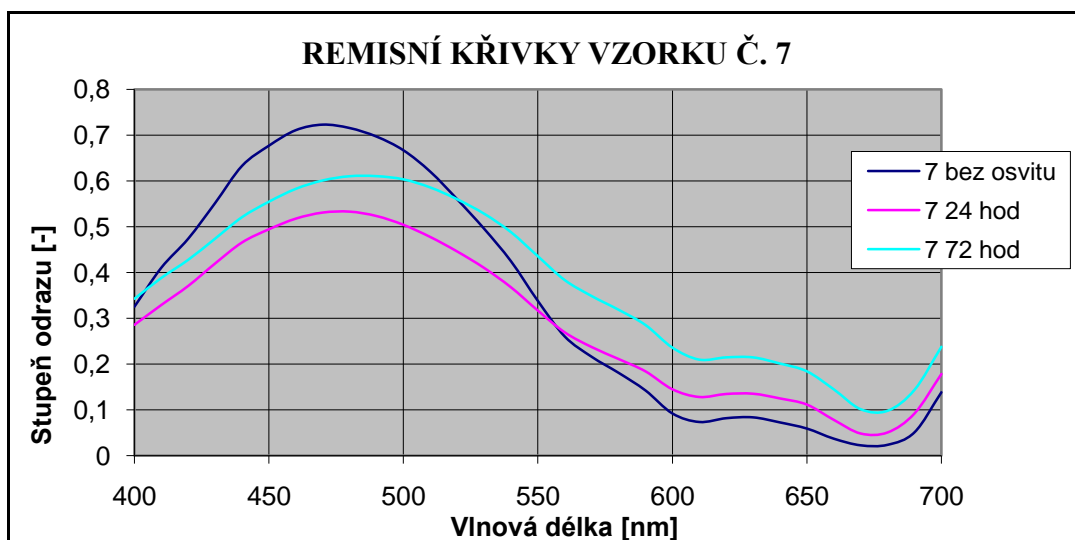
Obr. 18 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 4



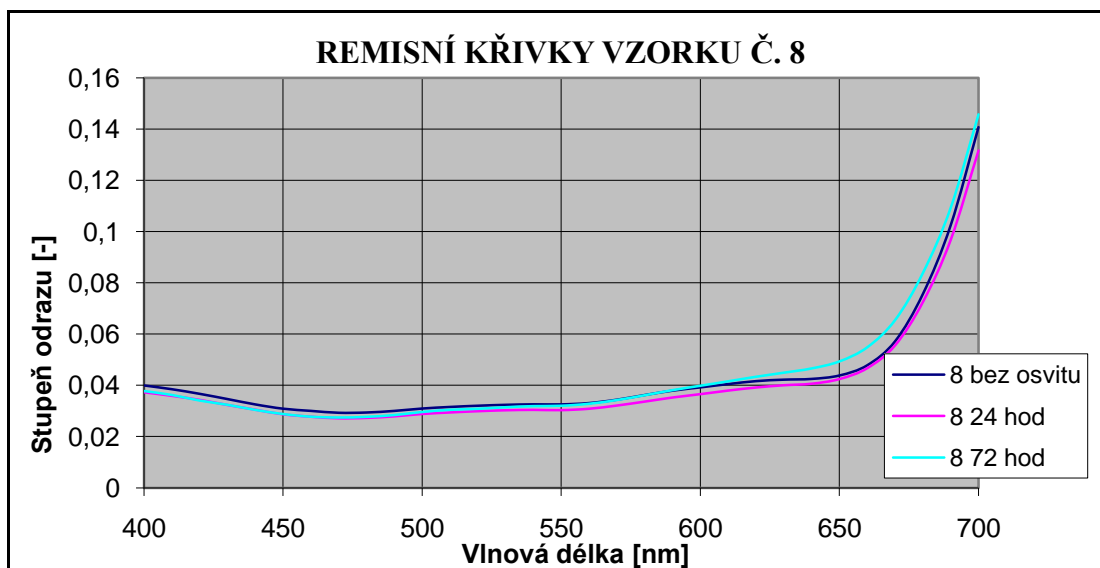
Obr. 19 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 5



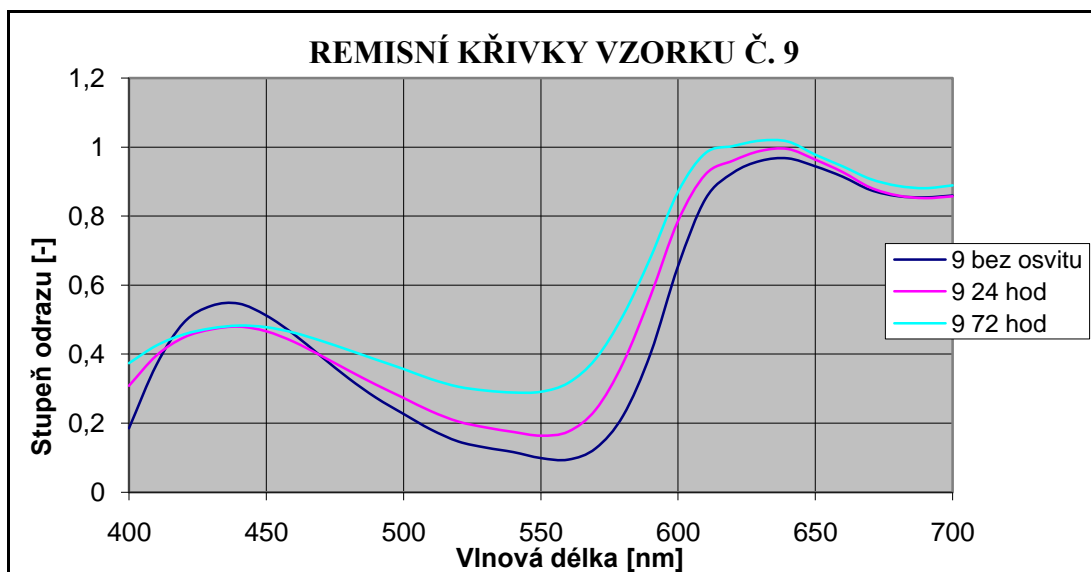
Obr. 20 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 6



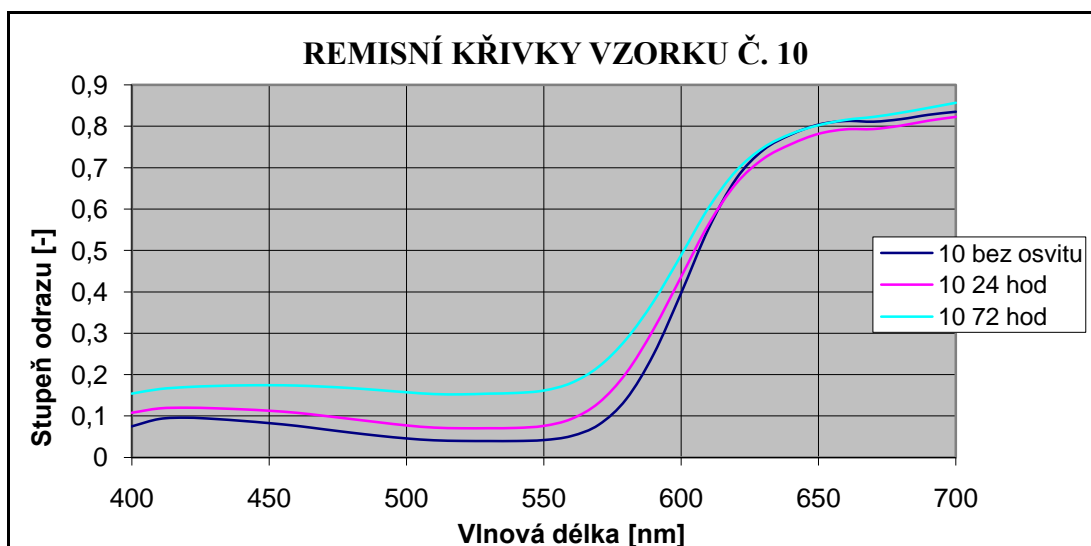
Obr. 21 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 7



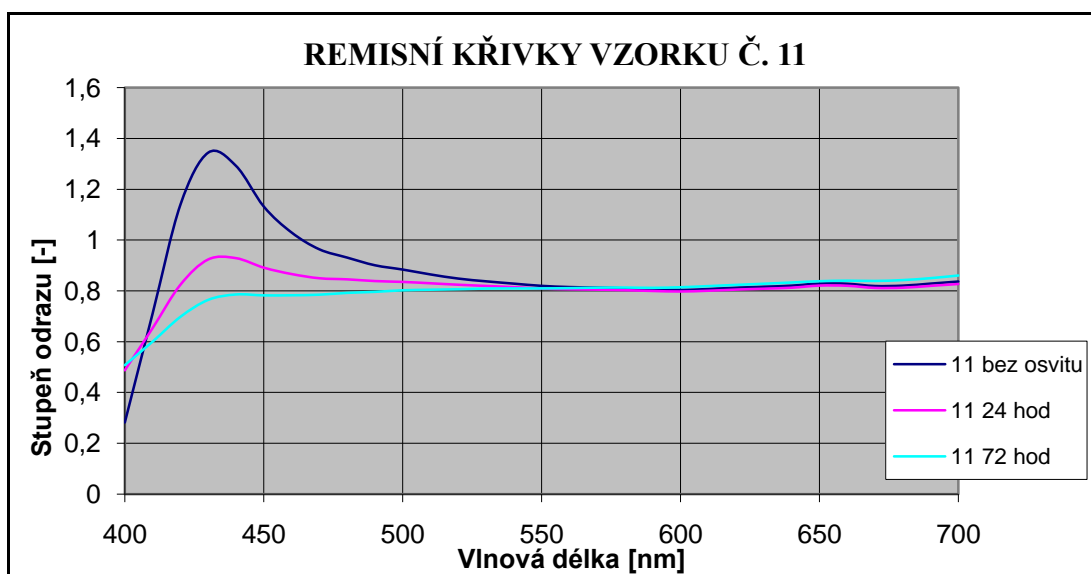
Obr. 22 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 8



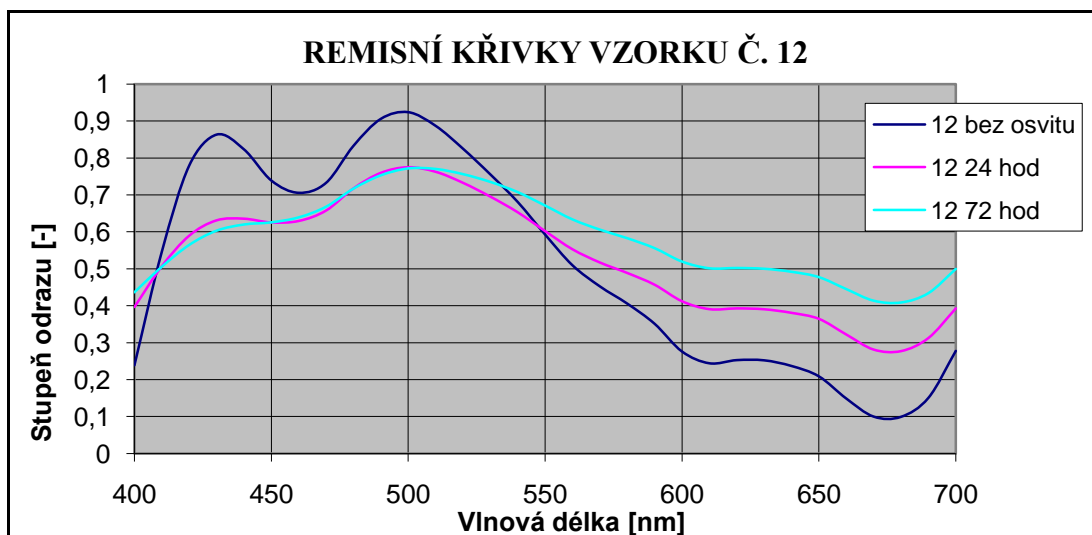
Obr. 23 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 9



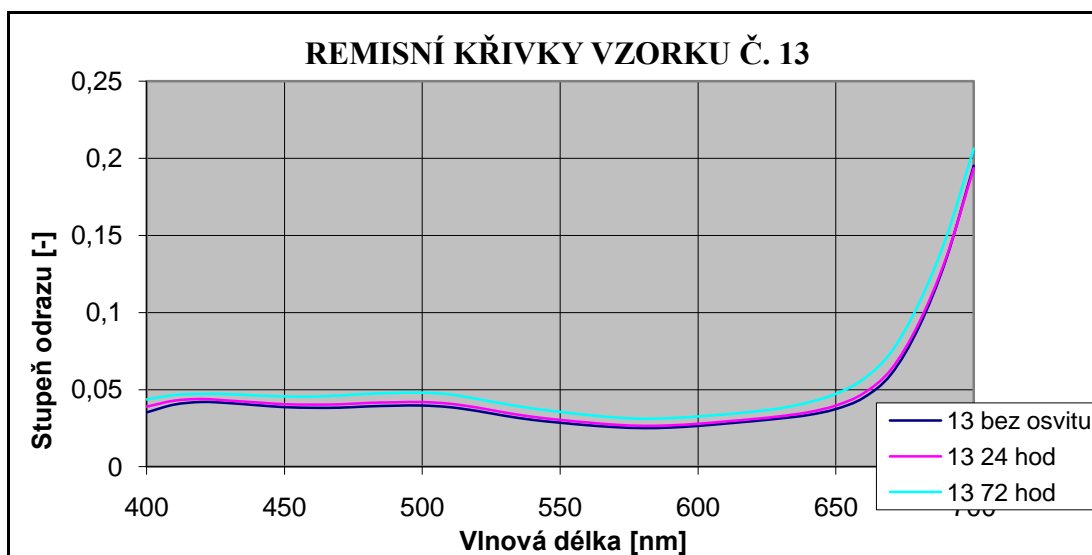
Obr. 24 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 10



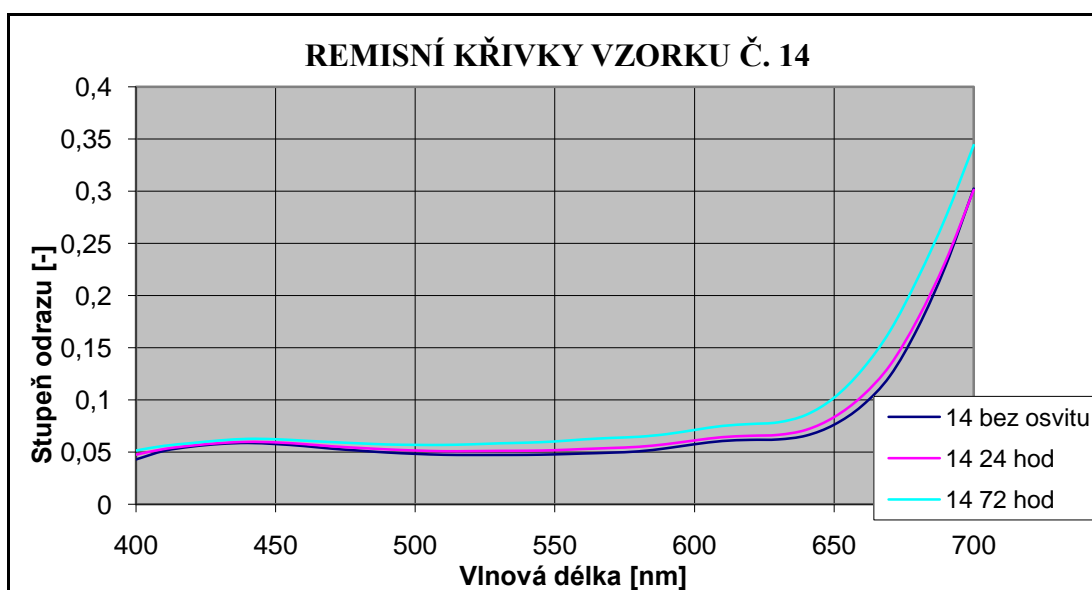
Obr. 25 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 11



Obr. 26 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 12



Obr. 27 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 13



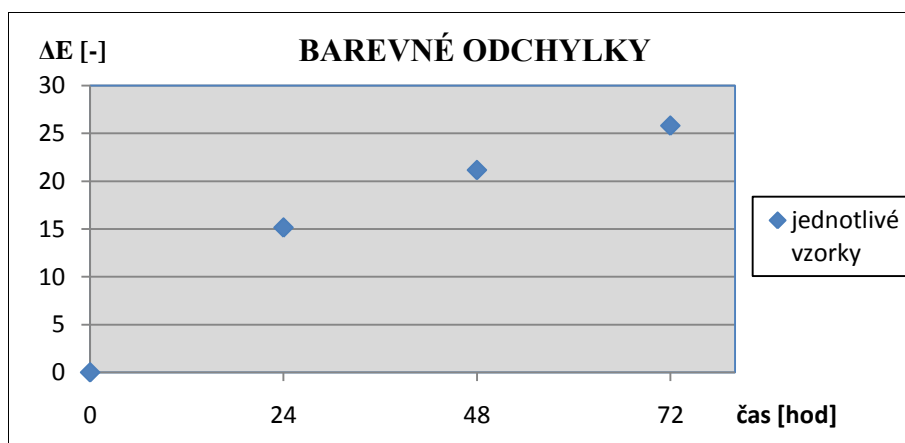
Obr. 28 Grafické znázornění závislosti vlnové délky na stupni odrazu pro vzorek č. 14

## PŘÍLOHA Č. 3

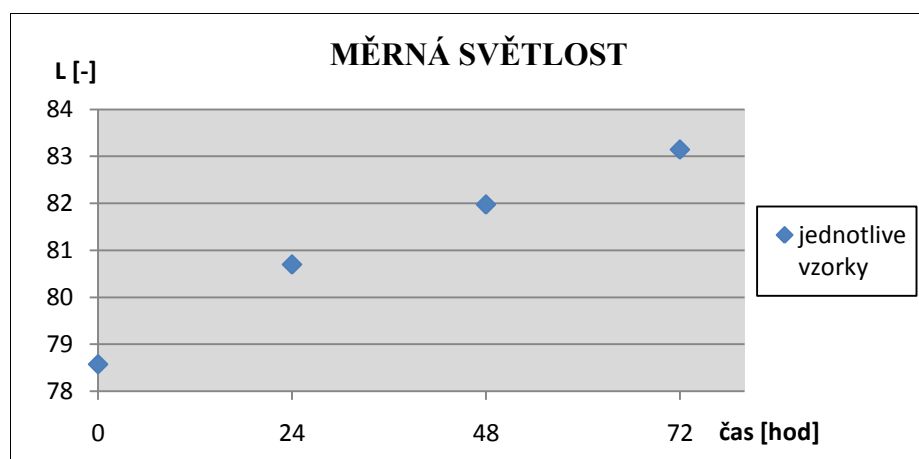
Grafy barevných odchylek a měrné světlosti

Vz 1	$\Delta E$ [-]	L [-]
0 hod	0	78,57336
24 hod	15,15548	80,69588
48 hod	21,1724	81,97258
72 hod	25,8198	83,14106

Tab. 1 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



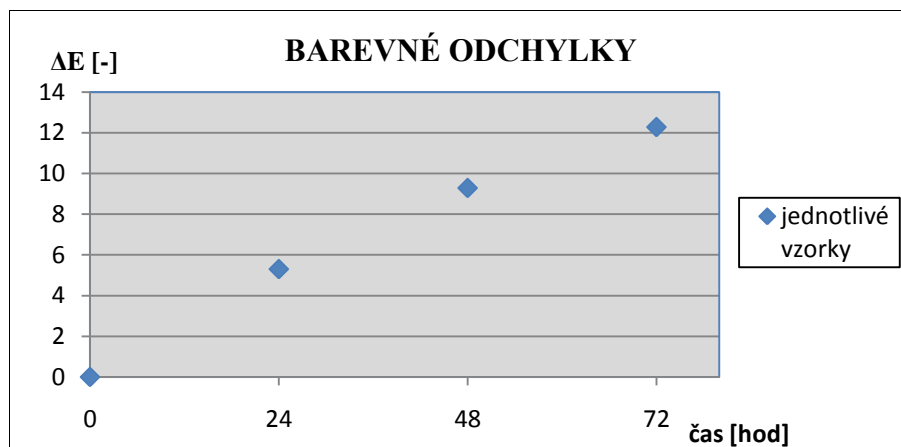
Obr. 29 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 1



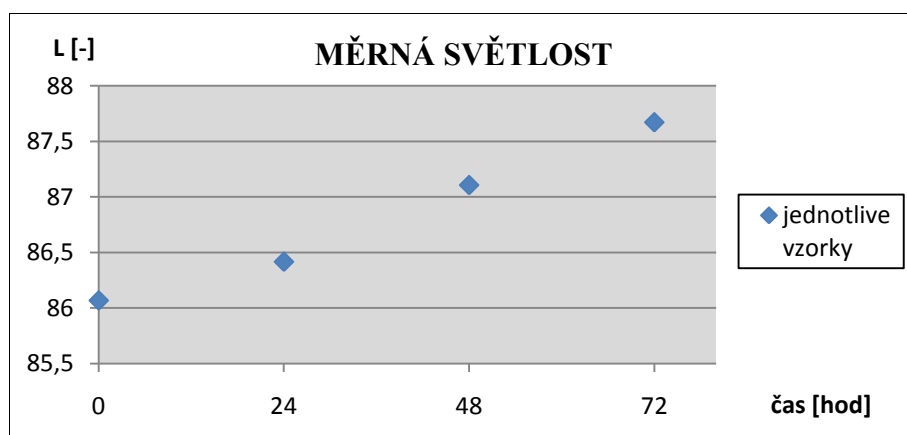
Obr. 30 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 1

Vz 2	$\Delta E$ [-]	L [-]
0 hod	0	86,06635
24 hod	5,299836	86,41538
48 hod	9,2832	87,10592
72 hod	12,27635	87,67168

Tab. 2 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



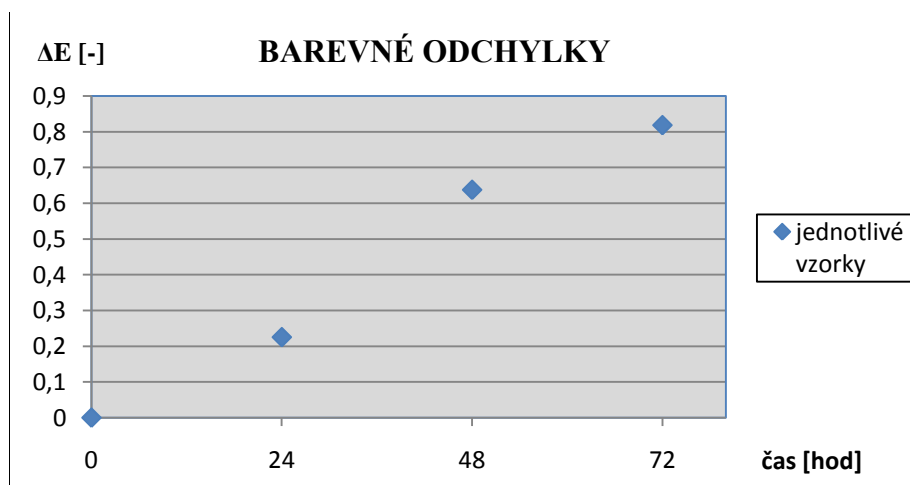
Obr. 31 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 2



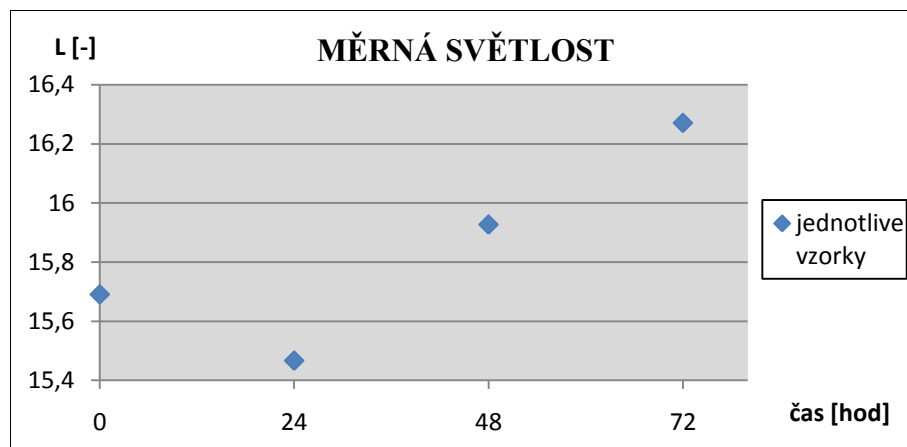
Obr. 32 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 2

Vz 3	$\Delta E [-]$	$L [-]$
0 hod	0	15,69073
24 hod	0,225215	15,46644
48 hod	0,63741	15,92684
72 hod	0,81819	16,27073

Tab. 3 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



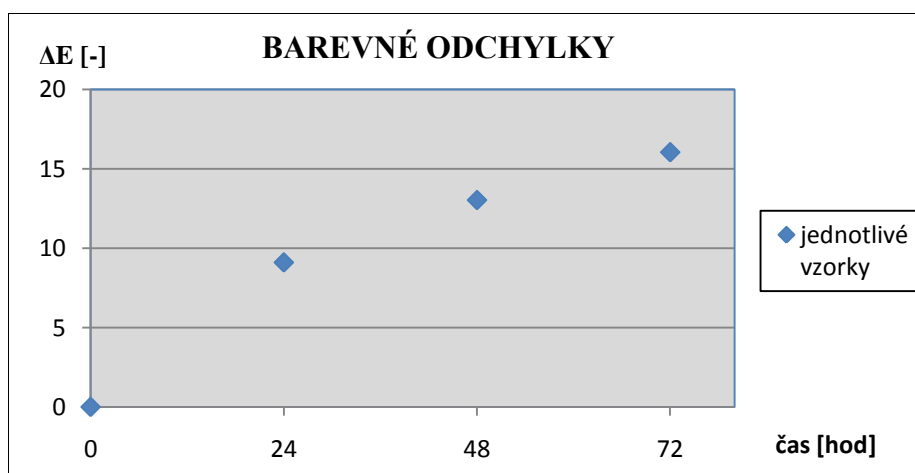
Obr. 33 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 3



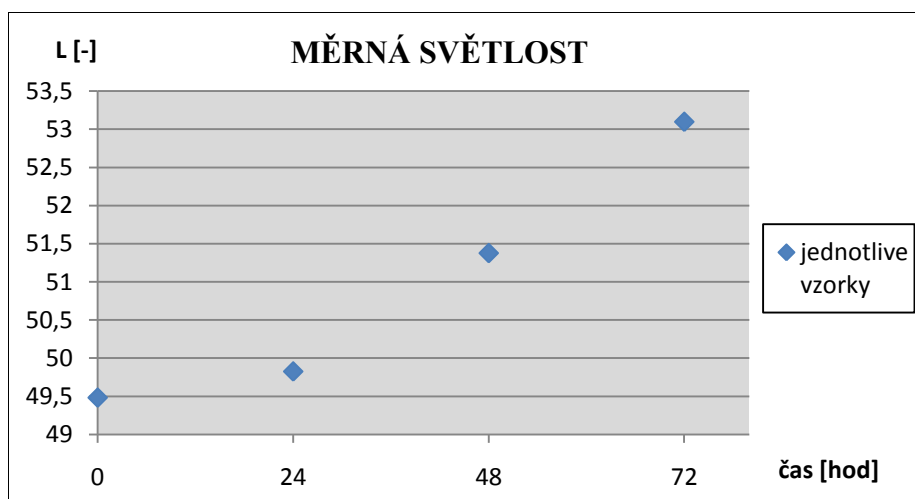
Obr. 34 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 3

Vz 4	$\Delta E [-]$	$L [-]$
0 hod	0	49,48194
24 hod	9,10043	49,82522
48 hod	13,02677	51,37582
72 hod	16,04107	53,0966

Tab. 4 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



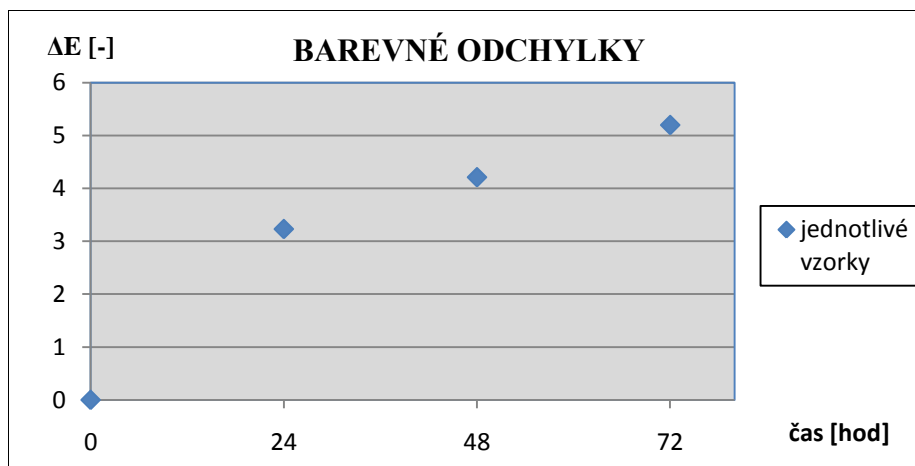
Obr. 35 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 4



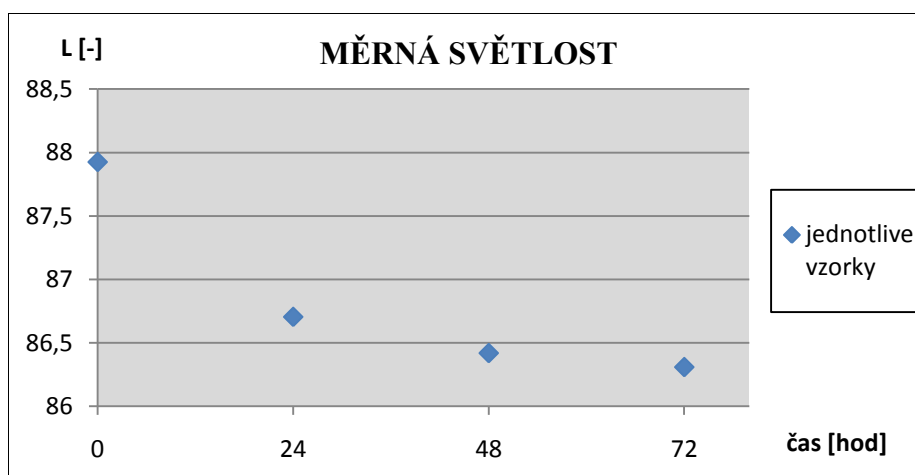
Obr. 36 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 4

Vz 5	$\Delta E[-]$	L[-]
0 hod	0	87,92613
24 hod	3,231725	86,70515
48 hod	4,211533	86,41963
72 hod	5,198793	86,30922

Tab. 5 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



Obr. 37 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 5

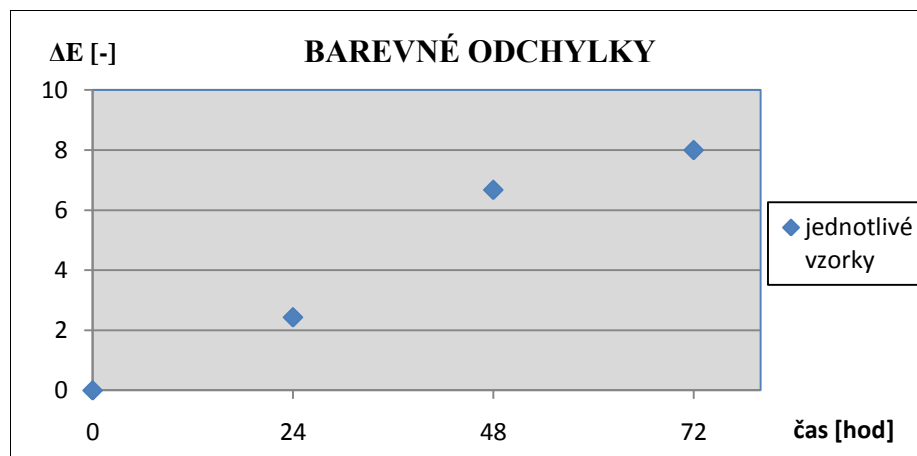


Obr. 38 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 5

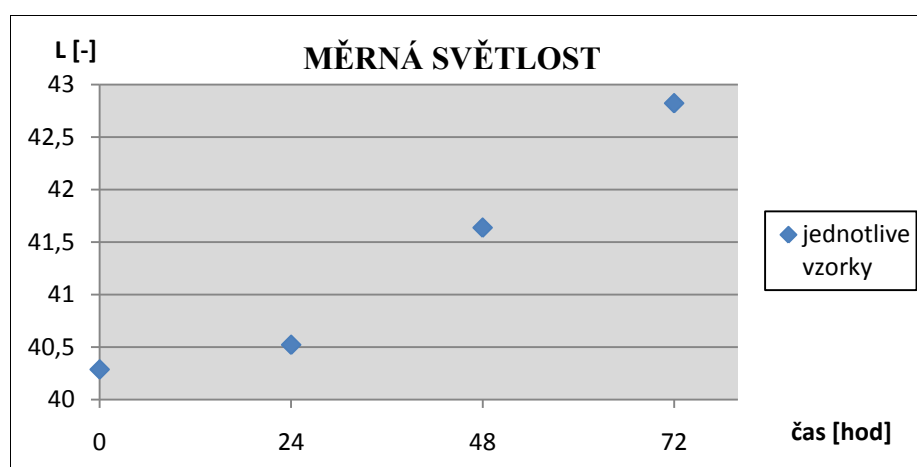
Vz 6	$\Delta E[-]$	L[-]
0 hod	0	40,28741
24 hod	2,43511	40,52211
48 hod	6,67812	41,63814
72 hod	8,002925	42,82359

Tab. 6 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu





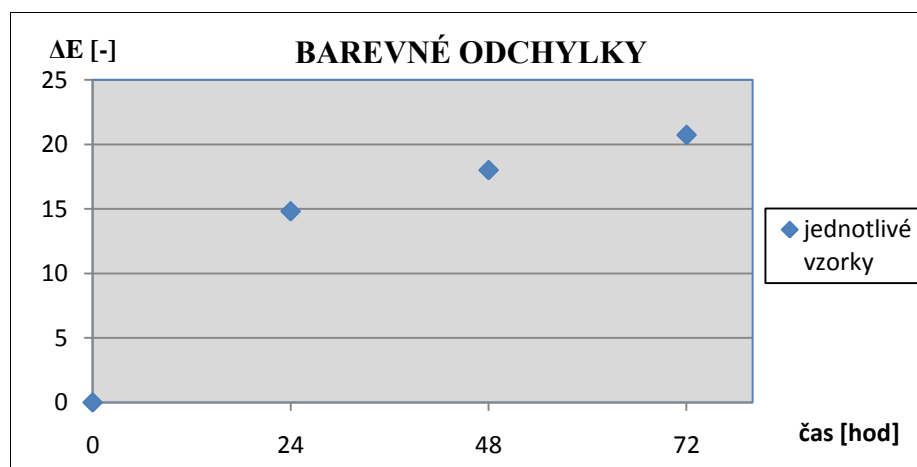
Obr. 39 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvětlení pro vzorek č. 6



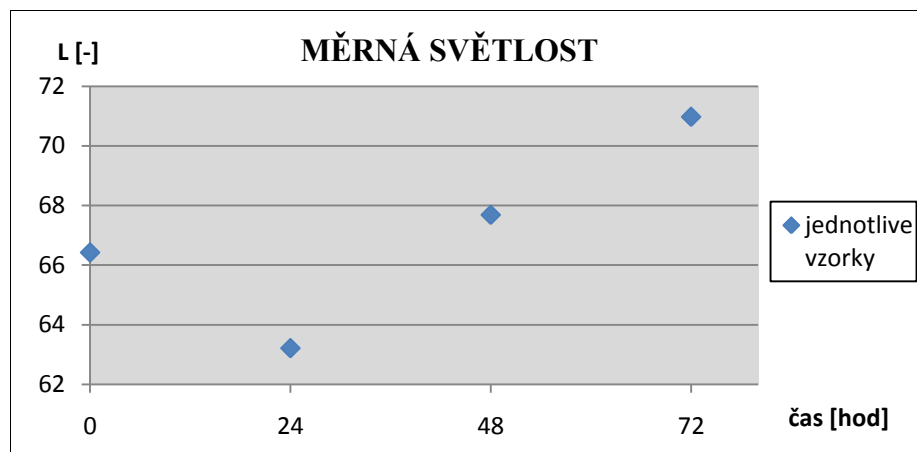
Obr. 40 Graf závislosti měrné světlosti na době osvětlení pro vzorek č. 6

Vz 7	$\Delta E [-]$	$L [-]$
0 hod	0	66,42212
24 hod	14,81343	63,20903
48 hod	18,00562	67,68523
72 hod	20,73305	70,9768

Tab. 7 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



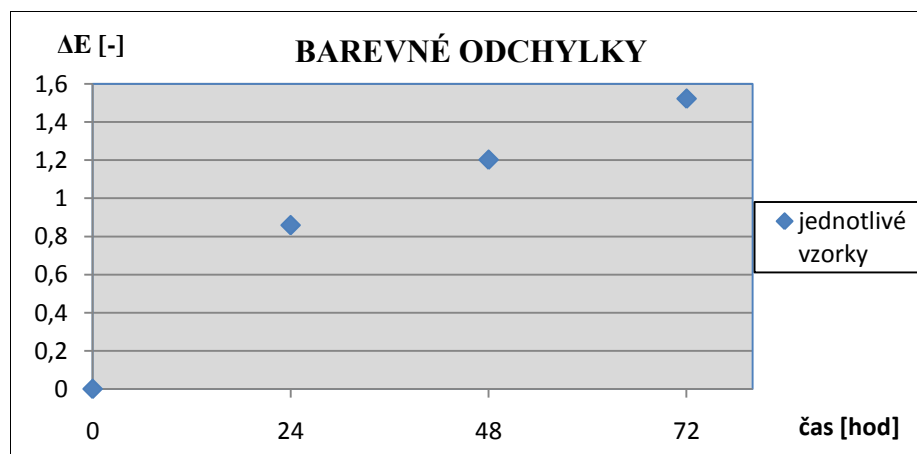
Obr. 41 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvětlení pro vzorek č. 7



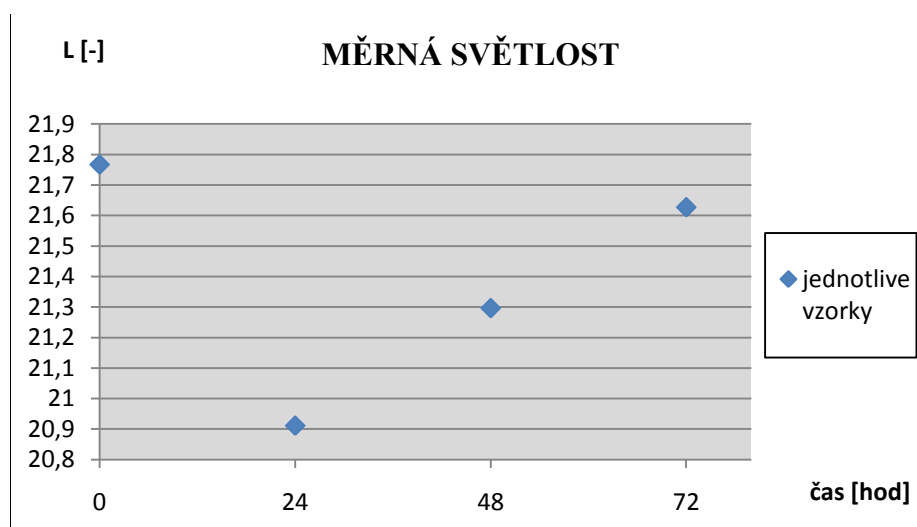
Obr. 42 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitů pro vzorek č. 7

Vz 8	$\Delta E$ [-]	L [-]
0 hod	0	21,76674
24 hod	0,858538	20,91134
48 hod	1,201935	21,29641
72 hod	1,522127	21,62696

Tab. 8 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



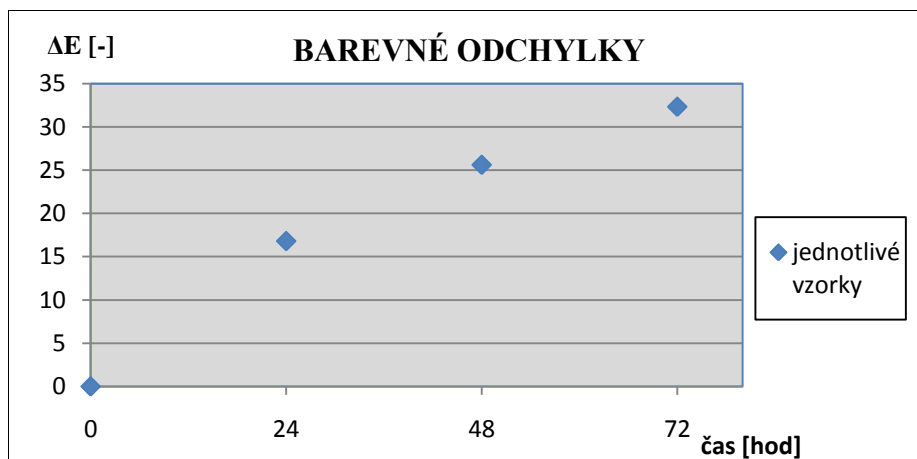
Obr. 43 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitů pro vzorek č. 8



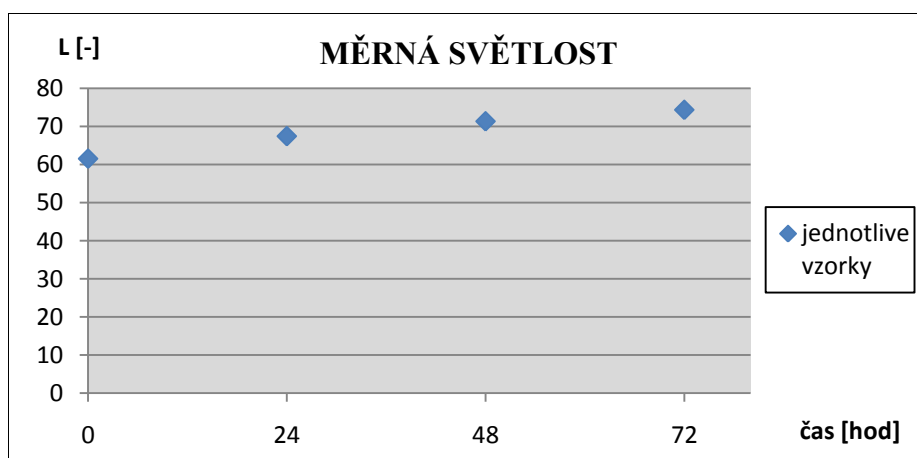
Obr. 44 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitů pro vzorek č. 8

Vz 9	$\Delta E[-]$	L[-]
0 hod	0	61,59296
24 hod	16,80359	67,48138
48 hod	25,6175	71,37293
72 hod	32,32804	74,37992

Tab. 9 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



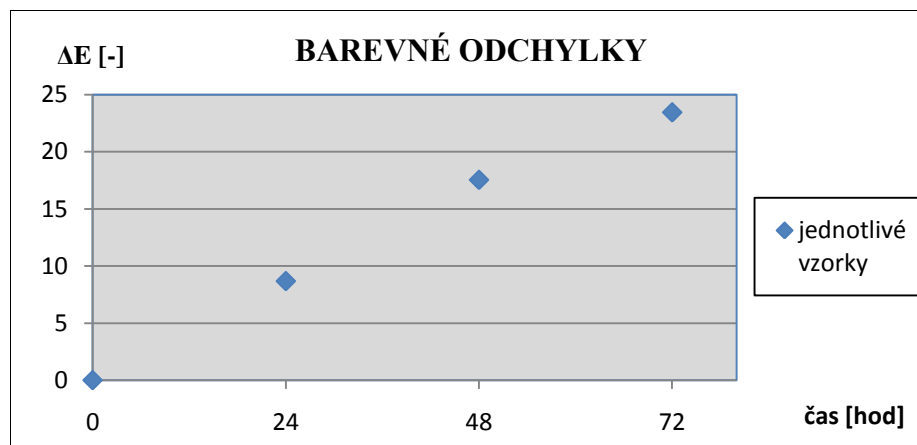
Obr. 45 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 9



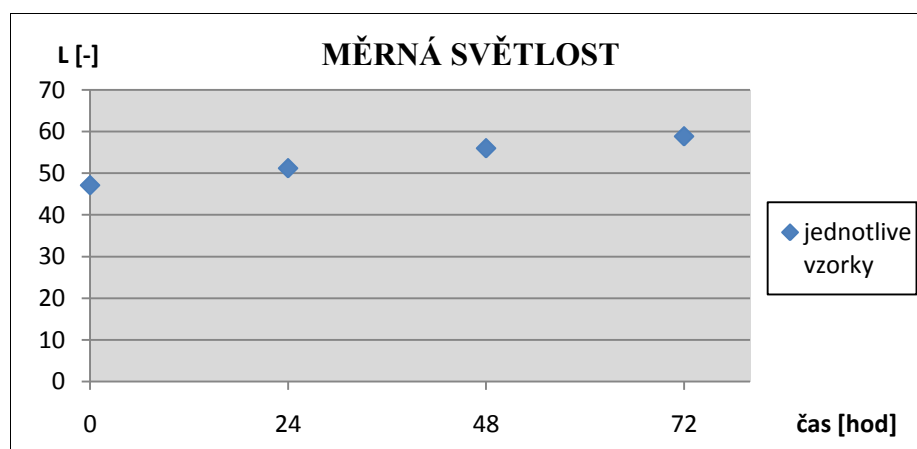
Obr. 46 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 9

Vz 10	$\Delta E[-]$	L[-]
0 hod	0	47,07711
24 hod	8,67241	51,16435
48 hod	17,53306	55,9615
72 hod	23,44408	58,82226

Tab. 10 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



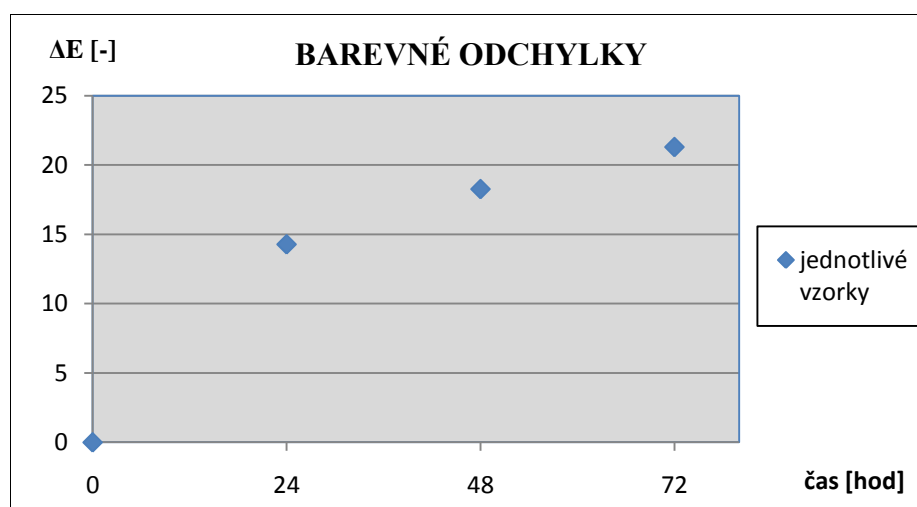
Obr. 47 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 10



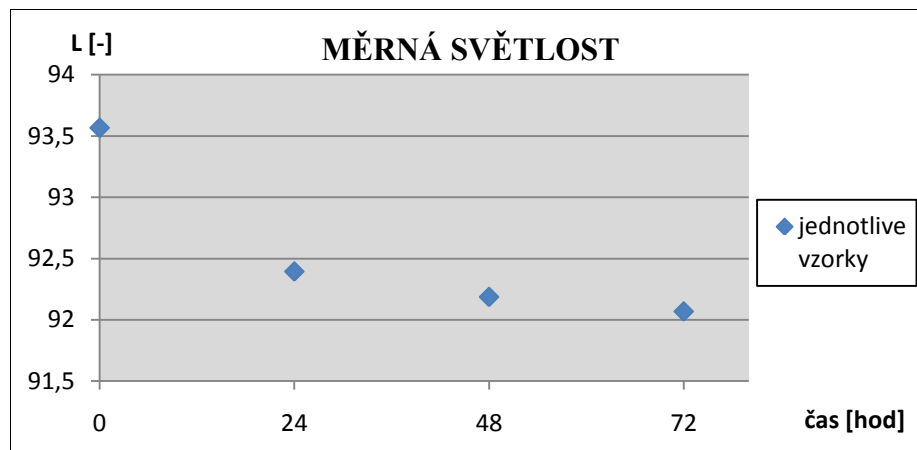
Obr. 48 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 10

Vz 11	$\Delta E [-]$	L [-]
0 hod	0	93,56674
24 hod	14,27145	92,39402
48 hod	18,25261	92,18635
72 hod	21,28251	92,06768

Tab. 11 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



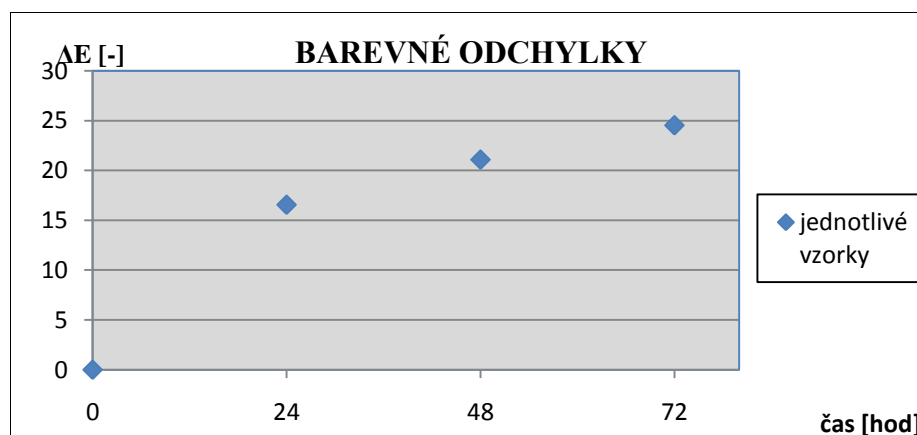
Obr. 49 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 11



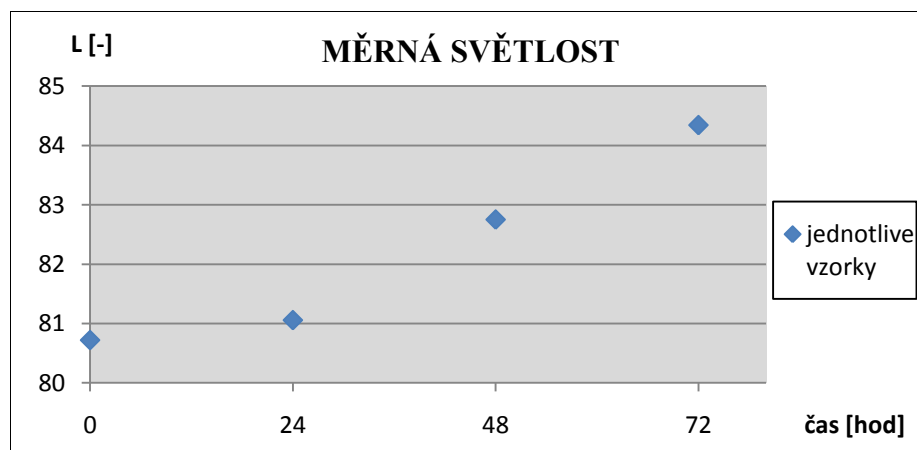
Obr. 50 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitů pro vzorek č. 11

Vz 12	$\Delta E [-]$	L [-]
0 hod	0	80,7229
24 hod	16,56115	81,05908
48 hod	21,09161	82,7519
72 hod	24,53726	84,34144

Tab. 12 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



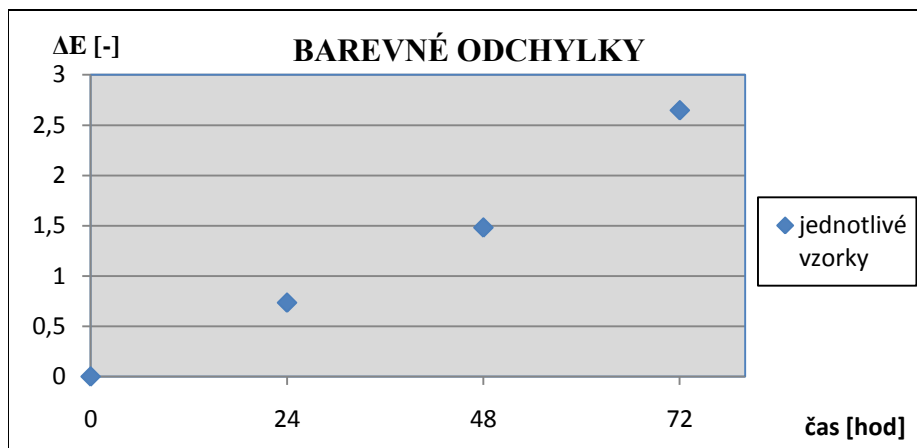
Obr. 51 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitů pro vzorek č. 12



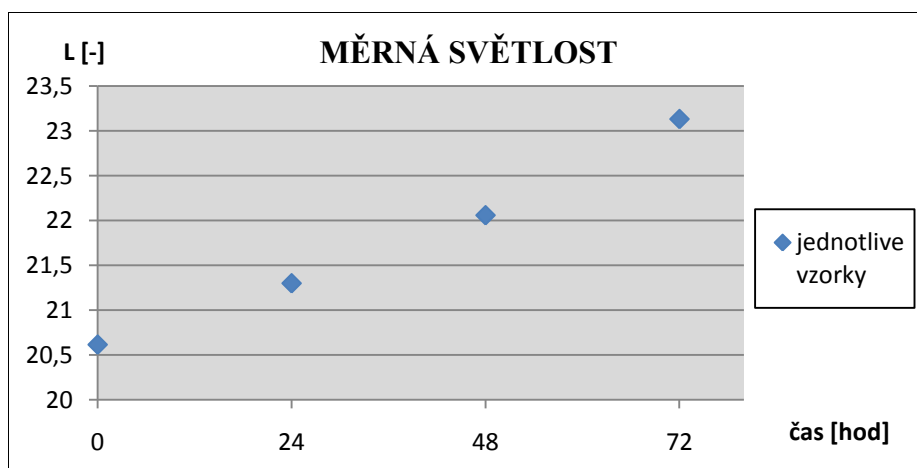
Obr. 52 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitů pro vzorek č. 12

Vz 13	$\Delta E[-]$	L[-]
0 hod	0	20,61745
24 hod	0,734781	21,30116
48 hod	1,48216	22,05976
72 hod	2,648772	23,13249

Tab. 13 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



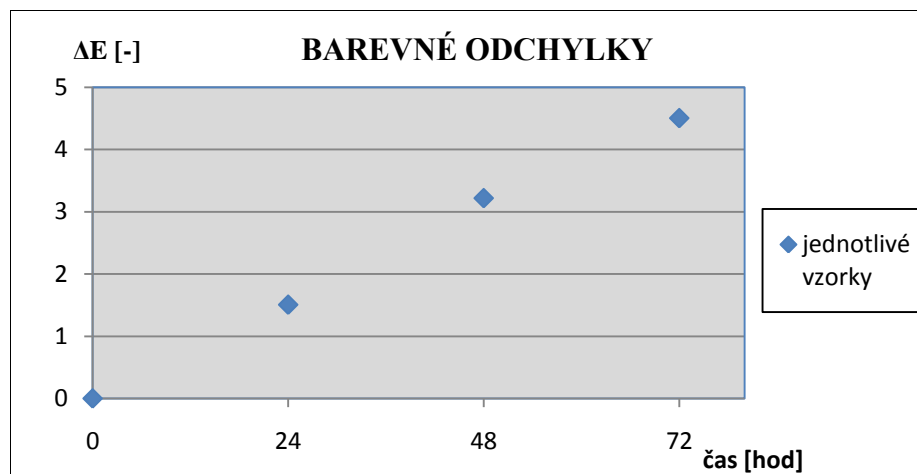
Obr. 53 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 13



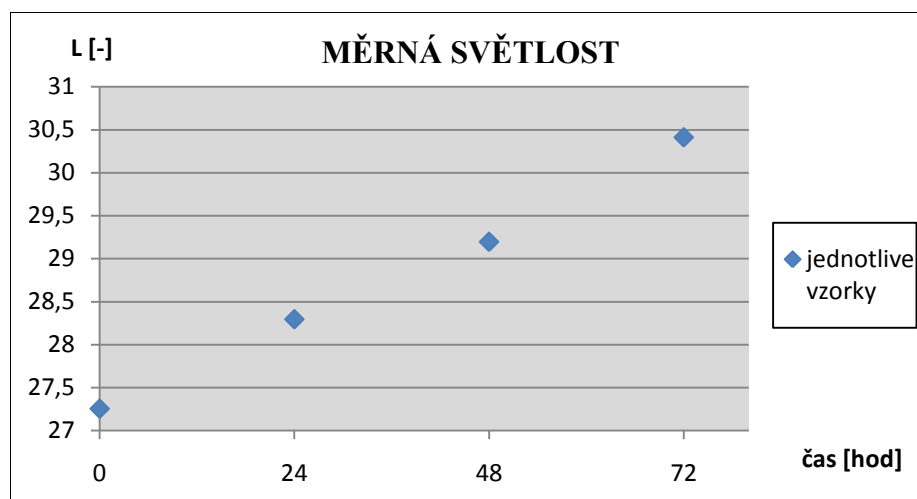
Obr. 54 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 13

Vz 14	$\Delta E[-]$	L[-]
0 hod	0	27,25499
24 hod	1,506331	28,29561
48 hod	3,21864	29,19685
72 hod	4,504479	30,41215

Tab. 14 Hodnoty barevné odchylky a složky jasu



Obr. 55 Grafické znázornění závislosti barevné odchylky na době osvitu pro vzorek č. 14



Obr. 56 Graf závislosti měrné světlosti na době osvitu pro vzorek č. 14